



Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Bachelorarbeit

am Institut für Geographie

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

in Kooperation mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Stadtstruktureller Vergleich von Slums in türkischen Großstädten unter Verwendung von Satellitendaten

Vanessa Färber

Am Katzenbuckel 11

86842 Türkheim

Matrikelnummer: 1775387

vanessa.farber@web.de

Abgabetermin: 13.02.2014

Betreuung:

Prof. Dr. Christopher Conrad

M.Sc. Martin Klotz (DLR)

Zusammenfassung

Weltweite Urbanisierung ist eines der größten Phänomene bei der Entwicklung von Städten in den letzten Jahrzehnten. Durch die Konzentration der Bevölkerung in diesen Räumen, entwickelte sich der Stadtstrukturtyp der informellen Siedlungen. Dies bezeichnet Bereiche innerhalb von Städten mit sehr schlechten Lebensbedingungen für die dort lebende Bevölkerung. Die Definitionen dieser Siedlungen sind sehr unspezifisch und unterscheiden sich von Land zu Land sowie innerhalb verschiedener Kulturen.

In der vorliegenden Bachelorarbeit soll ein Konzept entwickelt werden, welches eine informelle Siedlung definiert und von anderen Siedlungstypen abgrenzen kann. Als Untersuchungsgebiete werden drei Beispiele von informellen Siedlungen aus den drei größten Städten der Türkei verwendet. Das Forschungskonzept basiert auf den physischen, morphologischen Charaktereigenschaften von Gecekondü-Viertel und deren Homogenität bzw. Heterogenität. Aus diesen werden spezifische Parameter entwickelt, die anhand von Fernerkundungsdaten messbar sind. Die Analyse basiert auf einem 3D-Stadtmodell, welches aus einer Kombination von hochaufgelösten optischen WorldView-2 Daten und einem hochaufgelösten digitalen Oberflächenmodell des Cartosat-1 Satelliten stammen. Das Ergebnis zeigt, inwieweit sich diese speziellen Stadtviertel von anderen urbanen Strukturen mit Hilfe von Fernerkundungsdaten unterscheiden lassen. Außerdem wird dargestellt, wie genau die Differenzierung möglich ist und welche Hindernisse weiterhin existieren.

Worldwide urbanization is unquestionably the most dramatic and irreversible form of land transformation. In this context, uncontrolled spatial urban sprawl also leads to the structural reorganization within cities. One of the phenomena is the building of informal settlements. The phenomenon being the expansion and proliferation of informal settlements often associated with negative living conditions. However these settlements do not feature an absolute definition but rather present a relative concept and what is considered as a slum in one city will be regarded as adequate housing in another city - even in the same country. Thus strong discrepancies in the understanding of informal settlements exist.

This Bachelor thesis presents a conceptual framework to define and spatially delineate informal settlements in the three biggest cities of Turkey. The concept is based on morphological parameters and explores heterogeneity and homogeneity of these physical features across cities using high resolution earth observation data. The analysis is based on 3D city models derived from a combination of very high resolution optical WorldView-2 imagery and Cartosat-1 high resolution digital surface models. The results of the structural comparison show the delineation of the informal settlements from other urban structures.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Verwendete Abkürzungen

1. Motivation	1
2. Einleitung	3
2.1. Erklärung der Begriffe „Slum“ und „Gecekondur“	3
2.2. Die Fernerkundung	4
2.2.1. Funktion und Arbeitsweise der Fernerkundung	5
2.2.2. Rolle der urbanen Fernerkundung	5
2.3. Forschungsfragen	8
2.4. Methodisches Grundkonzept der Studie	8
3. Testgebiet und Daten	10
3.1. Literaturrecherche zur physischen Charakterisierung von Gecekondular	10
3.2. Auswahl der Testgebiete	11
3.2.1. Istanbul - Gulsuyu	12
3.2.2. Ankara – Altiagac	12
3.2.3. Izmir – Kadifekale	13
3.3. Auswahl der Daten	14
3.4. Hierarchische Struktur von Städten	15
4. Methodik	17
4.1. Generierung von 3D-Stadtmodellen	17
4.1.1. Gebäudeflächen	17
4.1.2. Abschätzung von Gebäudehöhen	18
4.2. Analyse des 3D-Stadtmodells	22

4.2.1.	Gis basierte Aggregation von Gebäude Parameter auf Blockebene	22
4.2.2.	Statistische Abgrenzung der thematischen Klassen Gecekondü und Nicht-Gecekondü.....	23
4.2.3.	Strukturelle Vergleiche	25
4.2.3.1.	Ableitung physischer Strukturparameter	25
4.2.3.2.	Ableitung des Vegetationsgrades	26
4.2.3.3.	Ableitung der mittleren Gebäudedistanz	29
5.	Ergebnisse	30
5.1.	Darstellung der 3D-Stadtmodelle	30
5.2.	Abgrenzung von Gecekondular zu formellen Siedlungstypen.....	31
5.3.	Physische Strukturvergleiche der Testgebiete auf verschiedenen Ebenen	32
5.3.1.	Vergleich der Gebäudehöhe.....	34
5.3.2.	Betrachtung der Gebäudefläche	35
5.3.3.	Darstellung der Gebäudedichte	36
5.3.4.	Anteile der Vegetation in den Untersuchungsgebieten.....	36
5.3.5.	Erläuterung des mittleren nächsten Nachbarn	37
6.	Wesentliche Ergebnisse	39
7.	Ausblick	41
8.	Quellen	42

Anhang

Ehrenwörtliche Erklärung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Methodisches Grundkonzept.....	9
Abbildung 2: Hierarchische Strukturen von urbanen Gebieten (KOHLE et al. 2012: 203)	15
Abbildung 3: Höhenvalidierung in Istanbul - Gulsuyu	19
Abbildung 4: Strukturgrenzen in Gecekondur Altiagac	22
Abbildung 5: Gebäudeparameter in Gulsuyu, Istanbul	23
Abbildung 6: Vegetationsanteil im Gecekondur Altiagac in Ankara	28
Abbildung 7: 3D-Stadtmodell des Gecekondus Kadifekale in Izmir	30
Abbildung 8: 3D-Scatterplot der Aggregation von physischen Parametern	32
Abbildung 9: Strukturtypen der einzelnen Blöcke der Gecekondular	33
Abbildung 10: Vergleich der Gebäudehöhe (von links a, b und c)	35
Abbildung 11: Betrachtung der Gebäudeflächen (von links a, b und c)	35
Abbildung 12: Darstellung der Gebäudedichte (von links a, b und c)	36
Abbildung 13: Anteile der Vegetationsfläche (von links a, b und c)	37
Abbildung 14: Durchschnittliche Gebäudedistanz (von oben nach unten a, b und c)	38

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abweichungen der Stockwerke in Istanbul, absolut	20
Tabelle 2: Abweichung der Stockwerke in Istanbul, prozentual	21

Verwendete Abkürzungen

DSM	Digital Surface Model, Oberflächenmodell
DTM	Digital Terrain Model, reale Erdoberfläche ohne Gebäude
IRS	Indian Remote Sensing
ISPRO	Indian Space Research Organisation
nDSM	Normalised Digital Surface Model, absolute Objekthöhe am Erdboden
NDVI	Normalised Difference Vegetation Index
PAM	Partitioning Around Medoids
UST	Urbane Strukturen

1. Motivation

In der Humangeographie werden urbane Flächen in Bezug auf Themen wie Infrastruktur, Konzentration, Ökonomie und Umwelteinflüsse untersucht. Aufgrund der großen Bandbreite dieser Themen, die auf das menschliche (Zusammen-)leben Einfluss nehmen, sind hier sowohl Experten aus verschiedenen Richtungen wie auch interdisziplinäre Forscher eingebunden, seien es beispielsweise Stadtplaner, Soziologen, Ökologen oder politische Entscheidungsträger.

Ein Themenfeld der Humangeographie ist die Erforschung von urbanem Wachstum, welches sich besonders in der Ausdehnung der Städte sowohl in physischer wie auch demographischer Weise zeigt. Die Urbanisierung ist eines der Phänomene, das urbanes Wachstum mit sich zieht und das besonders Stadtplaner und Regierungspersonen sehr beschäftigt. In den 1970er Jahren lebten 37% der Menschen weltweit in urbanen Gebieten, 2007 waren es schon ungefähr 50%. Afrika hat momentan die höchste Urbanisierungsrate mit einem urbanen Wachstum von ca. 4%. Dies ist fast doppelt so schnell wie in Latein Amerika und Asien. So wird in Afrika ein Anstieg von der momentanen urbanen Bevölkerung von 37% auf 53% erwartet, in Asien ein Anstieg von 39% auf 55%, in Latein Amerika und den karibischen Inseln ein Anstieg von 75% auf 84%, in Ozeanien von 70% auf 74% und in Europa sowie Nord Amerika von 75% auf 83% (vgl. BHATTA 2010: 1, UN-HABITAT 2003b: 10). Die Urbanisierungsrate ist nicht nur kontinental unterschiedlich, sondern auch auf kleinräumigeren Maßstab verschieden. So lebten in Deutschland im Jahr 2010 74% der Bevölkerung in urbanen Gebieten und die Urbanisierungsrate liegt bei 0,0%. In Afghanistan dagegen lebten 2011 nur 23,5% der Menschen in städtischen Regionen und weist eine Urbanisierungsrate von 4,4% auf. In der Türkei lebten 2011 bereits 71,5% in Städten und die Urbanisierungsrate beträgt 2,4% (vgl. CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY 2013).

Eines der Resultate von Urbanisierung ist die Bildung von informellen Siedlungen, welche meist unter dem Begriff „Slum“ zusammengefasst werden. Die Verbreitung und Häufigkeit dieser Siedlungen variiert weltweit sehr stark zwischen allen Städten. Insgesamt leben rund 31,6% der weltweiten Bevölkerung in Slums, dies entspricht ungefähr 924 Millionen Menschen. In manchen Agglomerationsräumen ist es nur ein kleiner prozentualer Anteil, in anderen wiederum nimmt es solche Ausmaße an, dass es die Gesundheit und die Sicherheit der Einwohner gefährdet. Dieses Phänomen betrifft die ärmeren Länder der Erde weitaus

mehr wie hochentwickelte Industriestaaten. Zum Beispiel leben in der Türkei im Jahr 2001 ca. 67,5 Millionen Menschen. Davon wohnen 44,5 Millionen in urbanen Gebieten. Die Schätzungen gehen davon aus, dass ca. 19 Millionen Menschen in sogenannten Gecekondular bzw. Slums leben (vgl. UN-HABITAT 2003b: 10 ff).

Wie man anhand der Zahlen sieht, nimmt die Urbanisierung, die Ausbreitung der Slums und somit der schlechten Lebenskonditionen in den letzten Jahrzehnten weltweit einen immer höheren Stellenwert ein. Aus diesem Grund wird besagtes Phänomen in der Wissenschaft aus immer mehr verschiedenen Blickwinkeln untersucht. Eine Annäherung an die Thematik besteht mit Fernerkundungsmethoden und Geoinformationssystemen, die auch in dieser Arbeit Verwendung finden.

Die vorliegende Arbeit durchläuft den kompletten Prozess einer wissenschaftlichen Anwendung zur Erkennung von Slums in türkischen Großstädten unter Nutzung von Satellitendaten. Dazu wird in folgendem Kapitel zunächst der Terminus „türkische Slums“ definiert und charakterisiert. In diesem Kontext werden weiterhin die Potenziale der Fernerkundung beleuchtet und ein Ansatz zur Erkennung von informellen Siedlungen in der Türkei erstellt. In Kapitel 3 wird dabei zunächst auf die ausgewählten Testgebiete und grundlegenden Daten eingegangen. Darauf folgt in anschließender Sektion die gewählte Methodik und Analyse. Letztendlich werden die Ergebnisse dargestellt und diskutiert, um anschließend mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick abzuschließen.

2. Einleitung

2.1. Erklärung der Begriffe „Slum“ und „Gecekondü“

Heutzutage ist der Begriff „Slum“ nicht einfach zu definieren. Die erste Problematik steckt darin, dass es mittlerweile sehr viele Assoziationen für den Begriff gibt. So hat beispielsweise weltweit jede Sprache sein eigenes Synonym dafür. Im Deutschen wird diese Art von Siedlung „Elendsviertel“ genannt, in Russland „trushchobi“, in Afrika „umjondolo“ oder „mabanda“ hingegen in der türkischen Sprache auf den Begriff „gecekondü“ zurückgegriffen wird (vgl. UN-HABITAT 2003a: 9). So gibt es keine allgemeingültige Definition für diese Siedlungsart und aus diesem Grund werden in folgendem Kapitel die häufigsten Charakteristika genannt.

Der Überbegriff „Slum“ wird zum einen als Elendsviertel definiert, welches in der Regel innerstädtisch liegt und ein Notquartier darstellt. Gekennzeichnet sind Slums durch heruntergekommene Bausubstanzen, niedrigem Wohnungsstandart und schlechter Ausstattung der Infrastruktur (vgl. LESER 2005: 847). Speziell die Marginalsiedlungen in der Türkei werden „gecekondü“ bzw. in der Mehrzahl „gecekondular“ genannt. Diese haben einige Gemeinsamkeiten mit den typischen Slums aber weisen auch Unterschiede auf. Um dies zu verstehen, wird in den folgenden Absätzen kurz die Geschichte und Herkunft des Wortes erörtert (vgl. AKKAYA et al. 1998: 221).

Wörtlich bedeutet „gecekondü“, „über Nacht gebaut“. Gecedondu Viertel stehen wie die typischen Slums auf einem Stück Land, welches entweder in privatem oder öffentlichem Besitz sein kann. Ursprünglich wurden diese sehr schnell erbaut, da nach altem Gewohnheitsrecht nichts abgerissen werden durfte, was ein provisorisches Dach trägt. Aus diesem Grund waren Gecedondular in der Anfangsphase eher provisorisch und eine Notlösung, da die Bauherren versuchten, „über Nacht“ vollendete Tatsachen zu schaffen. Mit der Zeit jedoch steckten die Einheimischen viel Mühe in das Heim und schufen eine Verbindung zu sanitären Anlagen, Wasser- und Stromanschlüssen (vgl. AKKAYA et al. 1998: 221 f).

Gerade in den Jahrzehnten nach dem zweiten Weltkrieg war Istanbul, ebenso wie Ankara und Izmir, durch eine starke Industrialisierung gekennzeichnet. Der wachsende Arbeitsmarkt

förderte die Zuwanderung von ländlichen Arbeitern in die Stadt extrem und erschuf somit auch den neuen Siedlungstyp des Gecekondu (vgl. SEGER 2010: 14, MUTLU 2009: 35).

Dies ist unter anderem ein Grund für die zu diesem Zeitpunkt aufkommende schwere Krise des Haus- und Wohnungssektors in den Städten. Es mangelte an Wohnungen, die freistehenden Unterkünfte schossen finanziell in die Höhe und die niedrig verdienende Bevölkerung musste auf die unkontrollierten Gecekondu-Flächen ausweichen. Statistiken zeigen auf, dass weit über die Hälfte aller Gecekondu-Behausungen in Istanbul ursprünglich ohne Planungs-Konsens erbaut wurden. Seit ihrer Entstehung haben sich alle Gecekondu in unterschiedlichen Gebieten in verschiedene Richtungen weiterentwickelt (vgl. SEGER/PALENCAR 2006: 86 ff).

Hauptsächlich dienten und dienen die Gecekondu den ländlichen Zuwanderern als Schleuse zwischen ihrem Heimatdorf und der noch fremden Stadt. Sie bilden daher eine Art vorgeschobene Ebene der Landbevölkerung in Richtung der großen Stadt. Aufgrund der Art und Weise, wie sich die Landbevölkerung ihrem Heim hingeben, kann man den Unterschied zwischen den typischen Slums in Südamerika oder Nordafrika und den Marginalsiedlungen der Türkei erkennen. Bei Gecekondu legt man Wert auf dörflichen Charakter wie Begrünung, Gartenbau... etc., was in Lateinamerika nicht in dieser Art stattfindet (vgl. HÖHFELD 1995: 209 ff). Schon Ende der 60er Jahre lebten in einigen Großstädten wie Ankara, Izmir und Istanbul zwischen 30% und 60% der Stadtbevölkerung in solchen Marginalsiedlungen. Dabei muss erwähnt werden, dass in Gecekondu-Siedlungen die hygienischen Verhältnisse, das wenig sehenswerte Wohnumfeld und auch die Unterkünfte erhebliche Mängel aufweisen. Sie sind jedoch keines Falls mit den Slums aus Entwicklungsländern zu vergleichen, da sie meistens guten Anschluss an Wasser, Elektrizität und Infrastruktur haben. Einheimische empfinden die Situation in Gecekondu besser als ihr bisheriges Dasein auf dem Land (vgl. HÖHFELD 1995: 209 ff).

2.2. Die Fernerkundung

Zunächst soll geklärt werden, was die Fernerkundung überhaupt darstellt und wie sie funktioniert, um danach im anschließenden Kapitel die Verwendung zur Unterscheidung von Stadtstrukturen nachvollziehen zu können.

2.2.1 Funktion und Arbeitsweise der Fernerkundung

Die Zeit des Weltraumes wurde 1957 mit dem Start des Satelliten „Sputnik“ aus dem UdSSR. und weiteren Satelliten eingeläutet (vgl. JENSEN 2007: 3 ff). Die Fernerkundung ist eines der drei Messverfahren, die Informationen von einem physikalischen Umstand der Natur aufnehmen kann. Die anderen beiden Verfahren sind die „direkte Messung“ (Messgerät befindet sich vor Ort) und die „Fernmessung“ (das Messgerät selbst befindet sich vor Ort, jedoch wird die Information zu einem entfernten Ort weitergeleitet). Die Fernerkundung zeichnet aus, dass sich das Messgerät in einiger Entfernung vom Beobachtungsobjekt befindet und die zu messende Größe wird aus der vom Messobjekt reflektierenden oder emittierenden elektromagnetischen Strahlung abgeleitet. Allgemein kann daher gesagt werden, dass die Fernerkundung ein indirektes Beobachtungssystem ist und mit den Objekten nicht in unmittelbarer Berührung stehen muss (vgl. ALBERTZ 2009: 1 ff). Das am häufigsten verbreitete Verfahren der Fernerkundung ist die bildhafte Wiedergabe der Erdoberoberfläche. Im Großen und Ganzen geschieht dies durch die von den Gegenständen der Erdoberfläche ausgehende elektromagnetische Strahlung, welche von Sensoren aufgenommen und in Bilddaten an den Datenauswerter weitergegeben wird. Der Sensor kann sowohl auf bemannten wie auch unbemannten Satelliten oder auch von Flugzeugen getragen werden. In dieser Arbeit werden jedoch nur Satellitenaufnahmen bearbeitet. Die Auswertung der zurückkommenden elektromagnetischen Strahlung wird dann in wichtige und unwichtige Informationen unterteilt und dargestellt (vgl. ALBERTZ 2009: 1 ff). Dieser Vorgang wird im 4. Kapitel der „Methodik“ jedoch noch genauer erläutert.

2.2.2. Rolle der urbanen Fernerkundung

Welche Bedeutung kommt der Fernerkundung im Bezug zu Siedlungsflächen, Marginalsiedlungen und im Rahmen dieser Arbeit für Gecekondü-Strukturen zu?

Urbane Landschaften bestehen aus einer Ansammlung von verschiedenen Materialien, sei es Asphalt, Metall, Plastik, Gras, Bäume oder Boden. Aus diesen Grundbausteinen lassen sich Häuser bauen, Transportwege schaffen, die Energieversorgung gewährleisten und ausbauen, kommerzielle und industrielle Verbindungswege oder reproduzierbare Landschaften gewinnen. Das Ziel dabei ist und bleibt, die Verbesserung der Lebensqualität (vgl. JENSEN 2007: 443 f).

Immer häufiger ist in der Literatur zu lesen, dass bei der Bildanalyse von Fernerkundungsdaten, speziell bei der Beobachtung von urbanen oder suburbanen Strukturen, eine hohe geometrische Auflösung wichtiger ist als eine hohe spektrale Auflösung. Das bedeutet, dass eine Bildauflösung von maximal 5 x 5 Meter sinnvoller ist als eine besonders hohe Anzahl an spektralen Kanälen. Der Grund dafür ist, dass zum Beispiel bei der Hochrechnung der lokalen Bevölkerung auf Gebäudebasis unbedingt eine geometrische Auflösung von 0,25 – 5 Meter benötigt wird, um die Art und Größe des Hauses aufnehmen zu können. Praktischer Weise können dies auch die regelmäßig vorkommenden Bänder im sichtbaren Bereich wie blau, grün oder rot darstellen. Dies funktioniert jedoch nur, sofern es zwischen dem zu beobachteten Objekt (z.B. ein Gebäude) und dem Hintergrund (die umgebende Landschaft) einen spektralen Kontrast gibt (vgl. JENSEN 2007: 447 ff).

Grundsätzlich gibt es bestimmte Bereiche im elektromagnetischen Spektrum, welche sehr gut für die Aufnahme von urbanen und suburbanen Informationen geeignet sind. Dies sind zum Beispiel das Spektrum des sichtbaren Lichts, des nahen Infrarots, des mittleren Infrarots und/oder panchromatische Teilbereiche. Um Gebäudeumrisse, Flächen und Höheninformationen zu generieren eignen sich am besten schwarz-weiß panchromatische oder farbige Bilder. Es existieren noch weitere Möglichkeiten, womit Informationen über den urbanen und suburbanen Raum gewonnen werden können. Jedoch werden diese hier nicht verwendet und sind daher für folgende Arbeit nicht weiter relevant (vgl. JENSEN 2007: 447 ff).

Wenn man eine Stadt aus der Vogelperspektive betrachtet (der Blickwinkel von Fernerkundungsbildern), gleicht der erste Eindruck einem riesigen Labyrinth. Einzelne Häuser, Funktionalitäten und Strukturen lassen sich in dem Häusermeer nicht sofort erkennen, grundsätzlich sind jedoch alle Siedlungsräume aus ähnlichen Strukturelementen erbaut. Die Anzahl und Verteilung im Raum, die physische Erscheinung und Anordnung sind Kennzeichen von verschiedenen Siedlungs-, Stadttypen oder Stadtvierteln, deren komplexe Grundlagen mit Hilfe der Distanz, welche die Fernerkundung schafft, in ihrer Gesamtheit erfasst werden können. Neue Fernerkundungssensoren besitzen die Fähigkeit bzw. Eigenschaft sehr kleinräumige Muster einer Stadt zu erkennen und diese in ihren Charaktereigenschaften aufzulösen und darzustellen (vgl. WURM/TAUBENBÖCK 2010a: 66 f).

Im Großen und Ganzen sind Siedlungsräume ein komplexes Gebilde aus physischen Strukturen und dem Menschen, der ihn bewohnt und bildet. Alle Formen und Muster eines bewohnten Raumes lassen sich daher prinzipiell auf Herkunft, Religion, soziale Strukturen und vieles mehr zurückführen. Aus diesem Grund können gewisse stadtstrukturelle Elemente auf einen bestimmten Kulturraum hinweisen (vgl. WURM/TAUBENBÖCK 2010a: 66 f). Zusätzlich ist die Entwicklung von Fernerkundungssensoren soweit fortgeschritten, dass es möglich ist, global abdeckende Aufzeichnungen der Erde in niedrigen geometrischen Auflösungen von 250 Meter bis 2 Kilometern zu bekommen. Außerdem stehen mittlerweile auch viele Szenen von hochaufgelösten Sensorsystemen der Satelliten Rapid Eye, IKONOS, World View-1 und 2 zur Verfügung (vgl. KALYANI/GOVINDARAJULU 2013: 1 f). Jedoch gibt es in der Fernerkundung noch Grenzen im Aufnahmebereich. Zum Beispiel verhindern Wolken oder die eingeschränkte Kapazität der Sensorsysteme Probleme bei der bestmöglichen Aufnahme der Systeme. Ferner sind sowohl die finanziellen Mittel als auch der Prozessaufwand an sich weitere Problemfaktoren. So sind die Aufzeichnungen und Abbildungen in urbanen Räumen auf diesem Niveau der geometrischen Auflösung limitiert und es wird dadurch auch oft auf Daten mit mittlerer Auflösung zurückgegriffen (vgl. TAUBENBÖCK et al. 2012: 162 f). Dennoch wurden anhand von hochaufgelösten Fernerkundungssensoren Slums aufgezeichnet und analysiert (vgl. TAUBENBÖCK/KRAFF 2013: 2). Zudem existieren einige Beispiele bei denen mit hoher geometrischer Auflösung gearbeitet wurde (TAUBENBÖCK et al. 2010, BAUD et al. 2010) aber auch Modelle von Multi-Sensor Kombinationen mit hochaufgelösten Satellitendaten und digitalen Oberflächenkonstruktionen, mit denen unter anderem 3-D Stadtmodelle erstellt wurden (ROTTENSTEINER et al. 2007, HEIDEN et al. 2007).

Ein weiterer Vorteil der Fernerkundung im Kontext mit urbanen Strukturen besteht darin, dass in sehr kurzer Zeit große Gebiete aufgenommen werden können und somit eine gute, gleichbleibende Datengrundlage geboten werden kann. Das bedeutet, in kürzester Zeit können große Teile oder auch ganze Städte anhand von einem Überflug aufgenommen werden. Zusätzlich besteht auf Grund der vielen verschiedenen Fernerkundungssensoren und -plattformen die Möglichkeit, zwischen einer großen Auswahl an Daten zu wählen und somit für jede einzelne Fragestellung passend zu variieren (vgl. WURM/TAUBENBÖCK 2010a: 66

f). Aus diesen Gründen wurde die letzten Jahre anhand der Fernerkundung unter anderem auch das Thema von stadtstrukturellen Unterschieden beleuchtet.

2.3. Forschungsfragen

Wie in Kapitel 1 der „Motivation“ aufgeführt wurde, ist die Erkennung von Gecekonduvierteln wichtig und die Methoden der Fernerkundung eignen sich dafür sehr gut. Da urbane Strukturen jedoch sehr vielfältig sein können und sich von Land zu Land unterscheiden, bedarf es im Rahmen der Arbeit einiger Forschungsfragen, die an die Vorgehensweise und Methodik angepasst werden:

- Gibt es bestimmte physische Charaktereigenschaften bezüglich der Gecekondular, um diese von anderen Siedlungstypen unterscheiden zu können?
- Können Gecekondular durch physisch abgeleitete Parameter von den angrenzenden formellen Siedlungen statistisch abgegrenzt werden?
- Weisen Gecekondular im Allgemeinen in sich selbst und im Vergleich zueinander heterogene oder homogene physische Strukturen auf?

2.4. Methodisches Grundkonzept der Studie

Um diese Fragen in folgender Arbeit beantworten zu können, wird nach folgenden methodischen Arbeitsschritten (Abbildung 1) vorgegangen, die in den weiteren Kapiteln noch genauer erläutert werden.

Zu Beginn werden dabei durch veröffentlichte Literatur physische Parameter von Gecekondular erstellt. Im darauffolgenden Schritt wird durch verschiedene Datengrundlagen das 3D-Stadtmodell generiert. Der Hauptteil der Methodik besteht aus der Analyse des Stadtmodells. In diesem Kapitel werden strukturelle Vergleiche erstellt, die Gebäudeparameter auf Blockebene aggregiert und schließlich werden in einem Clusterverfahren die Gecekondular-Strukturen von formellen Siedlungen abgegrenzt.

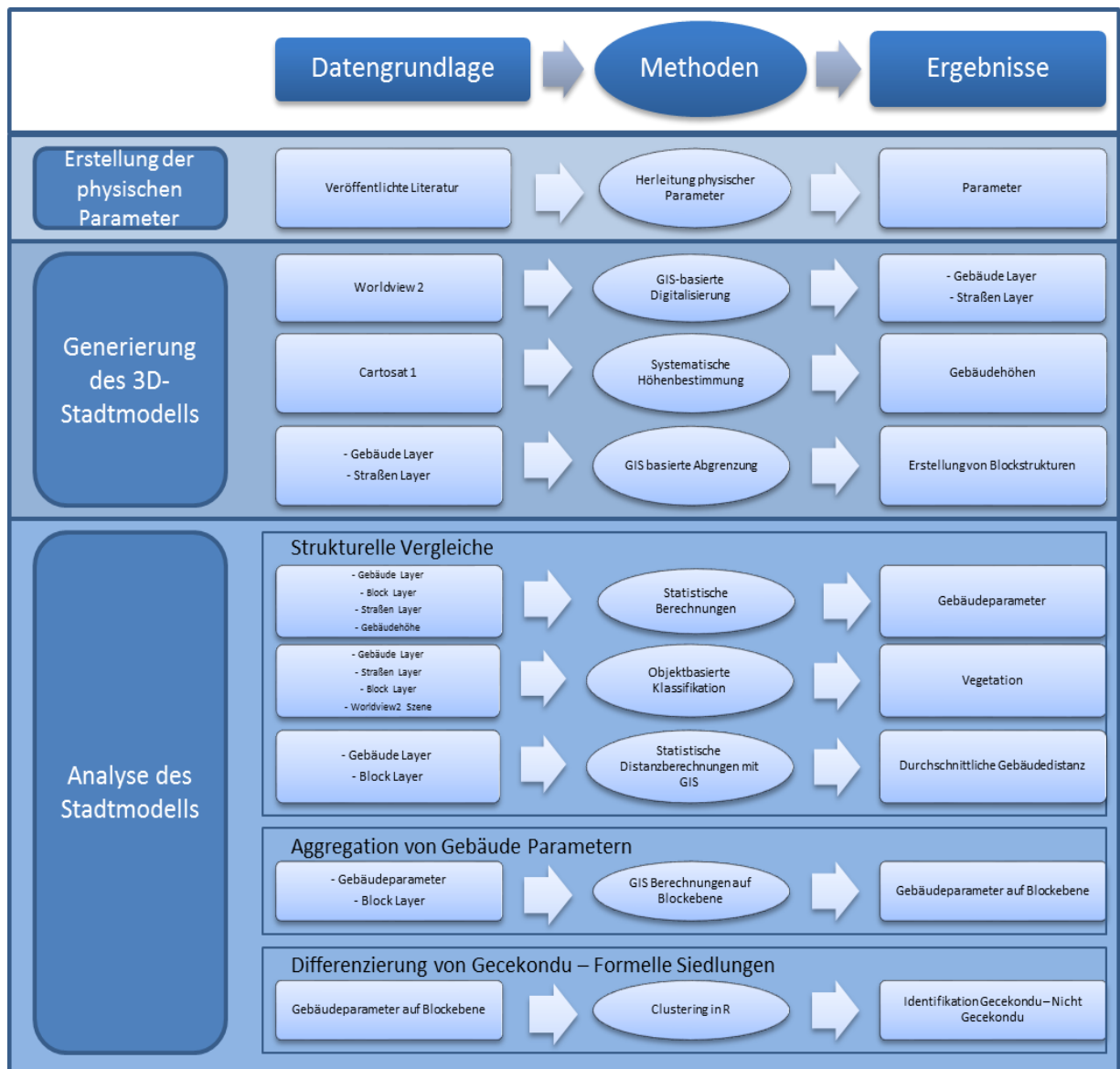


Abbildung 1: Methodisches Grundkonzept

3. Testgebiet und Daten

3.1 Literaturrecherche zur physischen Charakterisierung von Gecekondular

In diesem Kapitel wird die Fragestellung geklärt, ob es überhaupt bestimmte physische Charaktereigenschaften bezüglich der Gecekondular-Strukturen gibt, die deren speziellen Siedlungstyp von anderen unterscheiden. Um dies zu beantworten, werden im folgenden Kapitel qualitative Eigenschaften aus der Literatur dargestellt, die charakteristisch für Gecekondular-Strukturen sind. Folgende Merkmale werden in der Literatur dargestellt:

- Marginalsiedlungen befinden sich innerstädtisch und nah zum Stadtzentrum (vgl. ERMAN 1997: 92, LESER 2005: 847).
- Oft befinden sie sich an Orten, die ein hohes geographisches Risiko aufweisen, wie z.B. ehemalige Flussbette bzw. steile Hänge (vgl. ERMAN 1997: 92, UN-Habitat 2003a: 11).
- Normalerweise liegen die Häuser unter dem Standard der normalen Gebäude und haben nicht selten sogar illegale und unzureichende Gebäudestrukturen. Zudem weisen sie einen niedrigen Wohnungsstandart und schlechte Ausstattung der Infrastruktur auf. Außerdem sind sie oft überfüllt, besitzen eine hohe Gebäudedichte und ungesunde Lebensbedingungen (vgl. UN-HABITAT 2003a: 11, vgl. LESER 2005: 847).
- Zusätzlich bestehen oft hygienische Mängel und ein wenig sehenswertes Wohnumfeld (vgl. HÖHFELD 1995: 209 ff).
- Durch die Weiterentwicklung der Gecekondular gibt es mittlerweile auch mehrstöckige Appartementhäuser und moderne Hausanlagen (vgl. ERMAN 1997: 93).
- Bei Gecekondular legt man oft Wert auf dörflichen Charakter wie Begrünung, Gartenbau, etc. (vgl. HÖHFELD 1995: 209 ff).

Natürlich gibt es noch weitaus mehr Eigenschaften, jedoch wurden hier nur die am häufigsten in der Literatur genannten aufgenommen. Die oben erwähnten Eigenschaften von Gecekondular-Vierteln können nun in einige physische Parameter umgewandelt werden, womit in dieser Arbeit die folgende Hypothese getestet werden soll, ob sich Gecekondular mit Hilfe der Fernerkundung von anderen Siedlungstypen unterscheiden lassen. Die

physischen Parameter Gebäudedichte, Vegetationsanteil, durchschnittliche Gebäudegröße und Gebäudehöhe werden in Kapitel 4.2.3. der „strukturellen Vergleiche“ genauer betrachtet.

3.2. Auswahl der Testgebiete

Für die Prüfung der Parameter wurden drei Testgebiete in der Türkei ausgewählt. Dabei handelt es sich um drei verschiedene Gecekondu-Viertel in den drei größten türkischen Städten. Die jeweiligen Gecekondu wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Es sollten verschiedene Testgebiete in verschiedenen türkischen Städten betrachtet werden, um einen Vergleich unabhängig von Entwicklung, finanziellen Fördermitteln oder sonstigen kulturellen Einflüssen einer speziellen Stadt zu erlangen.
- Die verschiedenen Untersuchungsgebiete wurden zusätzlich in unterschiedlichen Städten gewählt, da ein zwischenstädtischer Vergleich gezogen werden soll, um ein besseres Verständnis über die Gecekondu-Viertel im selben Kulturraum zu bekommen.
- Die entsprechende Siedlung musste in der Literatur als „Gecekondu“ charakterisiert sein.
- Hochaufgelöste Satellitendaten mussten für die Testgebiete sowohl in den Qualitätsansprüchen als auch in finanzieller Hinsicht zur Verfügung stehen.

Zunächst jedoch eine grobe Übersicht der geographischen Lage der Türkei. Das Staatsgebiet der Türkei nimmt in einem Rechteck von 1600km Länge und einer durchschnittlichen Breite von 500km eine Fläche über 19 Längengrade in Ost-West-Richtung ein. In Form einer Halbinsel erstreckt es sich aus der Landmasse Asiens nach Westen. So liegen 97% des Landes in Asien und 3% in Europa. Die gesamte Fläche des Landes beträgt 0,78 Millionen km², im Gegensatz dazu befindet sich Deutschland auf 0,35 Millionen km². Die Türkei ist an drei Seiten von Meeren umgeben, das Schwarze Meer im Norden, das Marmarameer und die Ägäis im Westen und das Mittelmeer im Süden. Im Osten bilden die Gebirgszüge des Kaukasus und des Iranischen Hochlands natürliche Grenzen. Politische Grenzen gibt es nur im Südosten mit Syrien und dem Irak und im Westen mit Bulgarien und Griechenland (vgl. MOSER/WEITHMANN 2008: 13 f).

Das Staatsgebiet lässt sich in sieben Großräume untergliedern. Einer davon befindet sich auf der europäischen Seite, die anderen sechs auf dem asiatischen Kontinent. Sie sind grundsätzlich durch Gebirgssäume gegliedert und liegen in verschiedenen Klima- und Vegetationszonen. So befinden sich auch die in dieser Arbeit gewählten Testgebiete in unterschiedlichen Großräumen (vgl. MOSER/WEITHMANN 2008: 13 f).

3.2.1. Istanbul - Gulsuyu

Istanbul ist die einzige Weltstadt, die sich über zwei verschiedene Kontinente ausdehnt. Der Westen der Stadt liegt auf dem europäischen Festland und der Osten auf dem asiatischen. Am Ufer des Bosporus, dem Goldenen Horn und dem Marmarameer, ist es die größte und wirtschaftlich sowie kulturell wichtigste Stadt in der Türkei. Sei es in Bevölkerungszahl, Fläche, Handel oder Warenumsatz (vgl. MOSER/WEITHMANN 2008: 14 f). Mit einer Einwohnerzahl von ca. 13 Millionen Menschen ist Istanbul eine der größten Metropolen der Welt und zählt daher mittlerweile auch unter die Megastädte. 70% der Einwohner leben jedoch in unregelmäßigen und nicht autorisierten Siedlungen (vgl. OLENA et al. 2011: 236).

Die als Gecekondu ausgewiesene Siedlung „Gulsuyu/Gülsuyu“ entstand ebenso wie die anderen Gecekonduer zwischen 1950 und 1970 auf Grund der enormen ländlichen Zuwanderung in die Städte. Der Gecekondu Distrikt „Gulsuyu“ ist aktuell im Grundstücksmarkt sehr gefragt. Die gute Erreichbarkeit zum innerstädtischen Zentrum, normale Topographie, eine schöne Landschaft und einer der wenigen von Erdbeben sicheren Zonen erheben einen hohen Marktdruck auf das Areal (vgl. KORKMAZ et al. 2009: 13, ERDIK/DURUKAL 2007: 181 ff). Momentan hält eine von den Einheimischen ins Leben gerufene Gemeinschaft dem Druck der Regierung und des Marktes noch stand (vgl. KORKMAZ et al. 2009: 13).

3.2.2. Ankara – Altiagac

Die Hauptstadt und zweitgrößte Stadt der Türkei liegt von Bergen umringt auf 1000m Höhe. Erst 1923 wurde Ankara zur Hauptstadt ernannt, da die neue Hauptstadt im Herzen des Landes liegen sollte. Ankara erfuhr seitdem einen raschen Bedeutungsaufschwung und entwickelte sich zu einer modernen, westlich orientierten Stadt. Mittlerweile zählt die Hauptstadt ca. 5 Millionen Einwohner (vgl. MOSER/WEITHMANN 2008: 15).

Auch in Ankara entstanden so gut wie alle Gecekondu-Viertel durch die Industrialisierung nach ca. 1960. 1990 wurde vermutet, dass ca. 1,5 bis 2 Millionen Einwohner Ankaras in Gecekondu Siedlungen lebten. Diese wiesen eine ungefähre Fläche von 12,6ha aus (vgl. HABITAT 1999: 334). Die Gecekondular befinden sich hauptsächlich auf Flächen mit schlechter Erreichbarkeit, an Plätzen mit Hanglage und geologisch gefährlichen Hügelseiten. 1989 wurde das Projekt GETA (Gecekondu ya Tapu Projesi) von den Einwohner selbst gestartet. Hierbei sollten gefährdete Stadtviertel, wie es die meisten Gecekondular waren, in Sicherheit und Lebensqualität verbessert werden. In diesem Projekt wird auch das Gecekondu-Viertel Altiagac bei der Bestandsaufnahme von betroffenen Stadtvierteln erwähnt. Nach dem Stand der Literatur ist die Verbesserung und Modernisierung der Siedlung zum heutigen Zeitpunkt abgeschlossen (vgl. HABITAT 1999: 334).

3.2.3. Izmir – Kadifekale

Die Hafenstadt Izmir ist mit über 2 Millionen Einwohnern die drittgrößte Stadt der Türkei. Nach Istanbul gilt Izmir innerhalb der türkischen Städte als Tor zum Westen. Zusätzlich zu der Vermarktung der landwirtschaftlichen Produkte wie Baumwolle oder Textilien kam in der Stadt in jüngster Zeit das Banken- und Versicherungswesen hinzu. Außerdem trägt das NATO-Hauptquartier im Gebiet des Südostens zur überregionalen Bedeutung der Hafenstadt bei (vgl. MOSER/WEITHMANN 2008: 16).

Der Gecekondu-Distrikt Kadifekale in Izmir ist das dritte Testgebiet. Seit den 1950er Jahren wurde diese Region auf Grund der schnellen Urbanisierung mit kleinen Häusern bebaut. In dem Zeitraum von 1962 und 2005 wurden neue geologische Konditionen von Izmir erforscht und zur Sicherheit der Einheimischen wurde 1978 von der Regierung beschlossen, das Gebiet von Kadifekale zu einer „disaster prone area“ zu ernennen. So wurde in diesem Jahr das Gebiet als Rutschzone von Schlamm und Steinen ausgewiesen und es wurde offiziell verboten noch weiter darauf zu bauen. Beachtung fand dies jedoch nicht und so ging es weiter mit den illegalen Bauten von Häusern und Hütten. Strafe musste dabei niemand fürchten, da diese gefährdeten Gebiete für den eigenen Gebrauch der Regierung uninteressant waren. Seit 1978 existiert ein staatlicher Plan zur Verbesserung dieser gefährdeten Gebiete, welcher jedoch aus Mangel finanzieller Mittel nie gestartet wurde. Aus diesem Grund gibt es seit 2006 erneut den Plan zur Verbesserung, der jedoch bei der

Umsetzung noch sehr umstritten ist und daher noch kein Datum zur Umsetzung festgesetzt wurde (vgl. MUTLU 2009: 72 f).

3.3. Auswahl der Daten

Um physische Charaktereigenschaften zu analysieren, wurden folgende Daten als Grundlagen verwendet:

1. *Worldview-2*: Für die geometrisch hochaufgelösten Fernerkundungsdaten wird in dieser Arbeit der kommerzielle Erdbeobachtungssatellit Wordview-2 aus den USA verwendet. Seine Vorgänger bilden Quickbird und Worldview-1. Der Satellit Worldview-2 wurde am 8. Oktober 2009 von der Vandenberg Air Force Base in den USA mit einer Delta-2-Rakete gestartet. Planmäßig soll der Satellit 7 Jahre lang Daten liefern. Er fliegt in einer Höhe von ca. 770 km in einer polaren Umlaufbahn zur Erde und besitzt insgesamt 8 multispektrale Bänder. Die geometrische Auflösung ist 0,5 m panchromatisch am Nadir und 1,80 m multispektral. Außerdem ist die Streifenbreite 16,4 km und die Orbit Umlaufszeit beträgt 100 Minuten. Die Maximale Fläche die pro Tag aufgenommen werden kann beträgt somit 1.000.000 km² (vgl. SATELLITE IMAGING CORPORATION 2009).
2. *Cartosat-1*: Für die Ableitung von Höheninformationen wurden Aufnahmen von Cartosat-1 genutzt. Der Satellit gehört zu der Serie der „Indian Remote Sensing“ Erdbeobachtungssatelliten (IRS), welche von der „Indian Space Research Organisation“ (ISPRO) gebaut werden. Diese Satellitenserie ist ein wichtiger Bestandteil des indischen Raumfahrtprogrammes (vgl. SATELLITE IMAGING CORPORATION 2008).
Cartosat-1 startete am 5.Mai 2005 und fliegt in einer Höhe von 618 km um die Erde und umrundet somit täglich 15 Mal in seinem Orbit die Erde. Außerdem trägt der Satellit zwei panchromatische Kameras, welche schwarz-weiß stereoskopische Bilder aufnehmen. Diese befinden sich in einer geometrischen Auflösung von 2,5 m bei einer Streifenbreite von ca. 30 km. Die Besonderheit von diesem Satelliten besteht darin, dass durch verbesserte räumliche Auflösung und die Fähigkeit von „stereo

imaging“ zum Beispiel digitale Höhenmodelle erstellt werden können (vgl. SATELLITE IMAGING CORPORATION 2008, JENSEN 2007: 230 f).

3. *Gebäude- und Straßenumrisse*: Anhand der hochaufgelösten Worldview-2 Szenen wurden zur weiteren Verarbeitung Gebäude und Straßen in neuen Layern digitalisiert (vgl. WURM et al. 2011: 122).

3.4. Hierarchische Struktur von Städten

Grundsätzlich müssen Auswertungen von räumlichen Analysen immer auf eine bestimmte Referenzebene gebracht werden. Dies bedeutet, dass eine geometrische Ebene bestimmt wird, auf der die Analysen stattfinden. Dabei gibt es für Siedlungen verschiedene Ebenen, auf denen räumliche Analysen anhand von Fernerkundungsdaten vorgenommen werden können. Normalerweise kann dies von der Ebene einer kompletten Stadt hin zu einem einzelnen Objekt reichen (vgl. KOHLI et al. 2012: 203 f, WURM/TAUBENBÖCK 2010b: 95 f).

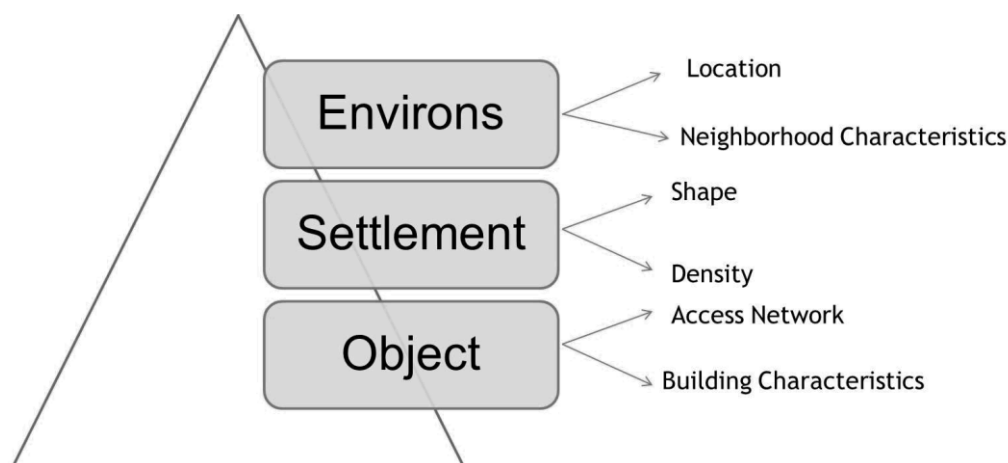


Abbildung 2: Hierarchische Strukturen von urbanen Gebieten (KOHLI et al. 2012: 203)

Speziell bezogen auf die Differenzierung von Slums bzw. Gecekondular gibt es drei wichtige räumliche Ebenen, in denen sich auch die Berechnungen der Arbeit bewegen. Das Distrikt, Block und Gebäude Level werden wie in Abbildung 2 dargestellt hier noch genauer erklärt. Welche Methodik auf welcher Ebene stattfindet, wird in Kapitel 4 zusammen mit der Vorgehensweise erläutert (vgl. KOHLI et al. 2012: 203 f):

1. „*The environs level*“ - *Das Distrikt Level*: Diese Ebene ist in gewisser Weise eine künstliche Ebene. Sie wird von keinen festen Strukturen erstellt. Wie die Abbildung 2

zeigt, kann auf der Distrikt Ebene unter anderem die Ortsangabe sowohl in physischer wie auch in geographischer Lage angezeigt werden. Außerdem werden die Eigenschaften der Nachbarschaft mit einbezogen. Dies könnte beispielsweise die Darstellung eines Gebietes am Fuße eines Vulkanes sein, wobei man das eine Objekt „Dorf“ von dem Objekt „Vulkan“ unterscheidet. Um genaueres über strukturelle Eigenschaften von Siedlungen zu erfahren muss man die nächst höheren Ebenen nutzen.

2. „*The settlement level*“ - *Das Block Level*: Die Block Ebene steht prinzipiell zwischen dem Distrikt und dem Gebäude Level. Hier werden strukturelle Zusammenhänge von Objekten – in diesem Fall der Gebäude - innerhalb eines Blocks oder des Straßennetzwerks dargestellt (vgl. TAUBENBÖCK/KRAFF 2013: 9). Dies bedeutet, hier wird die Homogenität oder Heterogenität einer bestimmten Fläche sichtbar.
3. „*The object level*“ – *Das Gebäude Level*: Die höchste Ebene ist die der Gebäude. Diese Ebene bezieht sich auf Gebäudeeigenschaften, die anhand von Fernerkundungssensoren erkannt werden können. Dies sind beispielsweise die Gebäudegröße, der Gebäudetyp oder auch Informationen über das Material der Gebäude. Des Weiteren kann die Verbindung von verschiedenen Gebäuden oder der Anschluss zu Straßen oder Wegen erkannt werden.

4. Methodik

Die Aufzeichnung und Darstellung von Teilen der Erdoberfläche anhand von Fernerkundungsdaten ist, wie die Wissenschaft selbst, noch relativ jung. Momentan liegt der Fokus bei der Darstellung von Gebieten in gut entwickelten Ländern, weltweiten topographischen Fragestellungen sowie globaler Landnutzung und Landbedeckung. Bei der Aufzeichnung und Darstellung von Slums ist daher bis vor kurzem noch relativ wenig geforscht worden. Aus diesem Grund stützen sich die Grundlagen für diese Arbeit auf generelle Beobachtungen von urbanen Räumen mittels der Fernerkundung und den wenigen speziellen Anwendungen auf informelle Siedlungen. Aus diesen Gründen sollte man nicht vergessen, dass es weltweit noch keinen allgemeinen automatisierten Kartierungsalgorithmus für die Erkennung von Slums im physischen Sinne gibt und somit auch noch keine Standardprozedur für die Darstellung und Identifizierung entwickelt wurde (vgl. SLIUZAS et al. 2008: 5).

4.1. Generierung von 3D-Stadtmodellen

Um Struktureigenschaften von Gecekondular und andere urbanen Gebieten unterscheiden zu können, wird in diesem Kapitel zu jedem Untersuchungsgebiet ein 3D-Stadtmodell erstellt. So ist es wichtig zu erwähnen, dass die Testgebiete zwar in der Literatur als Gecekondular bezeichnet werden, jedoch nicht die komplette Fläche typische „Gecekondul-Strukturen“ aufweisen werden - sehr wahrscheinlich werden auch Eigenschaften von formellen Siedlungen zu finden sein. Diese gilt es, von einander zu unterscheiden.

Es wäre sehr optimistisch anzunehmen, dass ein einziger Sensor alle Informationen bereitstellen kann, welche die Charakterisierung der urbanen Räume ausmachen. Vor allem für die Darstellung von 3D-Stadtmodellen müssen weitere Daten und Informationen, wie in folgendem Kapitel, erstellt werden (vgl. WURM et al. 2011: 122).

4.1.1. Gebäudeflächen

Das „eigene Heim“ ist in fast allen unterschiedlichen Kulturen der wichtigste Hinweis darauf, wie eine Person seine Lebenszeit verbringt. Aus diesen Informationen lassen sich teilweise sogar Fakten bis hin zu sozioökonomischen Eigenschaften über die Bevölkerung schließen.

Aus diesem Grund können in folgender Arbeit, aus den in der Literatur beschriebenen Eigenschaften zu Gecekondular, physische Parameter erstellt werden. Daher ist die Aufnahme von Gebäudegröße, Situation und Assoziation der Umgebung eines der wichtigsten Aufgaben der Fernerkundung im urbanen Raum. Um diese erkennen zu können, benötigt man eine geometrische Auflösung von ungefähr 1 – 5 m (vgl. JENSEN 2007: 456). Grundsätzlich kann man sagen, dass hierbei das Konzept „Form und Funktion“ gilt, was bedeutet, dass es eine Verbindung zwischen der Funktion eines Hauses mit dessen Form gibt. Zum Beispiel prägt sich die Größe einer Familie auf die Anzahl der Zimmer und somit auf die Größe des Hauses aus. Eben so wie ein Geschäft, das Stahl verarbeitet wohl eine große längliche Halle benötigt. Als Ausnahme gelten hier jedoch beispielsweise die „Central Business Districts“, da die Hochhausviertel nicht in dieses Konzept der „Form und Funktion“ eines Gebäudes passt. Aus diesem Grund trifft das Konzept nicht immer zu. Auch durch Veränderungen der Funktion eines Gebäudes kann das Konzept nicht immer einwandfrei angewendet werden (vgl. JENSEN 2007: 456).

Nachdem trotz der Probleme dennoch die Informationen über die Gebäude sehr wichtig sind, wird auch in dieser Arbeit eine Gebäudemaske erstellt. Die Gebäudeflächen (im englischen: „building footprints“) in den verschiedenen Slums von Izmir, Ankara und Istanbul wurden anhand von optischen, geometrisch hochaufgelösten Worldview-2 Daten und der Digitalisierung unter Verwendung der kognitiven Einschätzung des Wissenschaftlers erstellt. Die räumliche Einordnung und Fläche der Gebäude ist unter anderem für den Parameter der Gebäudedichte sehr wichtig. Der Weg der Bestandaufnahme wurde zum Beispiel auch in TAUBENBÖCK et al 2013 gewählt. Innerhalb der Stadtgeographie ist diese Methode bei der Reproduzierbarkeit und einer guten konstanten Qualität der Daten sehr nützlich (vgl. SLIUZAS et al. 2008: 5).

4.1.2. Abschätzung von Gebäudehöhen

Als Grundlage für die Gebäudehöhen wurde das „Digital Surface Model“ (DSM) Produkt von dem Satelliten Cartosat-1 genutzt. Hierbei wird durch ein Prozess von Algorithmen und einem morphologischen Filter aus dem DSM ein Layer für die im Raum georteten Gebäudehöhen erstellt (vgl. WURM et al. 2011: 126 ff). Das DSM wird aus zwei zeitgleichen Aufnahmen von panchromatischen Kameras erstellt. Die Auflösung beträgt dabei 2,5m. Durch die relativ große Streifenbreite von 26km können große Agglomerationsräume

innerhalb von nur wenigen Überfliegungen aufgenommen werden. Mit dieser Eigenschaft, kann nach D'ANGELO et al. 2009 & 2010 Cartosat-1 hohe geometrisch aufgelöste Stereobilder zur Verfügung stellen.

Das Oberflächenmodell (DSM) wird durch einen klassischen morphologischen Filteralgorithmus erstellt. Dieser Algorithmus basiert auf einer fortlaufenden Ausführung eines Kernels. Dieser Kernel basiert auf einem Minimumfilter (erosion) und einem Maximumfilter (dilatation) auf dem Pixellevel des DSM. Gefolgt wird ein Medianfilter verwendet, der eine geglättete reale Oberfläche ohne Gebäude (Digital Terrain Model - DTM) ausgibt. Die Differenz aus dem DSM und dem DTM ergibt das Endprodukt nDSM (Normalised Digital Surface Model), welches die absolute Objekthöhe am Erdboden darstellt (vgl. TAUBENBÖCK et al. 2013: 393 ff, BRENNER 2000: 5 ff).

Der Prozess der Abschätzung von Gebäudehöhen wird über alle drei Untersuchungsgebiete der verschiedenen türkischen Großstädte angewendet.

Mehrere Studien haben gezeigt, dass Gebäudehöhen in einem bestimmten mathematischen Zusammenhang mit deren Stockwerke stehen (ELNASHAI 2000, SANCIO et al. 2004, BAL et al. 2008). So wurde vom DLR zur Validierung der Gebäudehöhen in Istanbul eine Feldbegehung durchgeführt. Aus diesem Grund konnte es bei der Verarbeitung auch nur in diesem Gecekondu eine Validierung geben. Beispiele für in situ Aufnahmen und der Verortungen werden in folgender Abbildung 3 in dem Gecekondu Gulsuyu in Istanbul dargestellt:

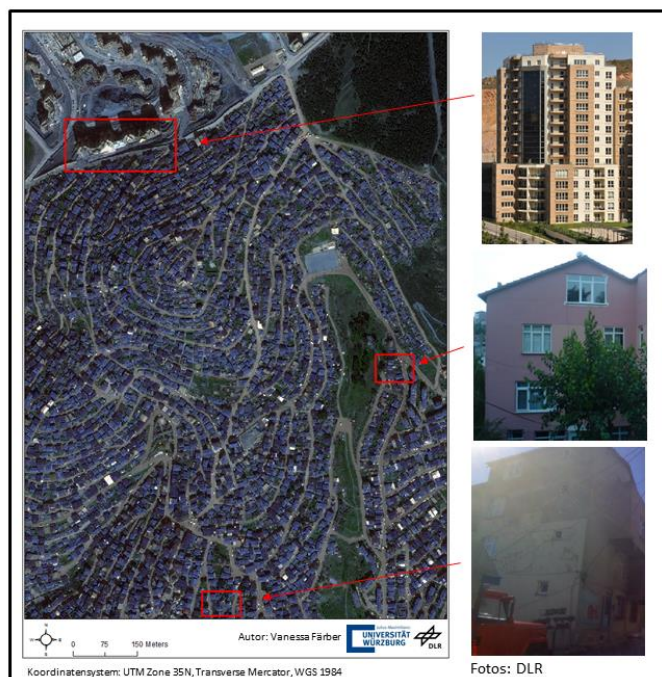


Abbildung 3: Höhenvalidierung in Istanbul - Gulsuyu

Für die Validierung wurde pro Stockwerk eine Höhe ermittelt und diese mit der Stockwerkszahl multipliziert. Bei umfassenden Recherchen gelang es jedoch nicht, eine allgemeingültige Formel für die Stockwerkshöhe zu finden und so wurde für diese Arbeit beschlossen, den Mittelwert von verschiedenen entwickelten Stockwerkshöhen zu verwenden. Für die Bildung des Mittelwerts wurden 2,7 m pro Stockwerk von einer Erdbebenuntersuchung in Kocaeli in der zentralen Türkei genommen (vgl. ELNASHAI 2000: 750), 2,9 m von einer Analyse von Gebäuden auf leicht verflüssigbaren Boden in Adapazari (vgl. SANCIO et al. 2004: 9) und 2,6 m als Durchschnitt für ein normales Stockwerk im Nordwesten der Türkei, ebenfalls bei einer Erdbebenuntersuchung (vgl. BAL et al. 2008: 6). Letztendlich ergab sich folgende Formel für die Berechnung der Gebäude, in der y die Gebäudehöhe und x die Stockwerkszahl darstellt:

$$Y = x * 2,73m$$

In der Gecekondü Szene von Istanbul wurden 111 Validierungsobjekte ausgewählt. Diese werden in den folgenden Tabellen den Höhen aus dem DSM Produkt gegenüber gestellt, dabei werden die Abweichungen nach der Über- oder Unterschätzung der Stockwerkszahlen kategorisiert. In folgender Tabelle 1 sind die absoluten Werte der Abweichungen dargestellt und die prozentualen in Tabelle 2.

Große Unterschätzungen gab es in den Gebäuden, deren Stockwerkszahl über 4 liegen. Bei allen anderen wurden die Stockwerke zu ca. 50% exakt richtig geschätzt und es gab nur minimale Unter- oder Überschätzungen von einem Stockwerk. Die Ergebnisse lassen schließen, dass die Genauigkeit der Höhenabschätzungen für diese Studie ausreicht, da für die Erkennung von Gecekondular hauptsächlich die Bestimmung der Gebäudehöhe bei Häusern von 1 bis 4 Stockwerken wichtig sind.

Tabelle 1: Abweichungen der Stockwerke in Istanbul, absolut

Stockwerkszahl	Abweichungen der Ebenen total				
	≤-2	-1	0	+1	≥+2
1 bis 2	0	0	6	3	2
3 bis 4	0	3	27	13	14
≥ 5	0	8	1	2	32

Tabelle 2: Abweichung der Stockwerke in Istanbul, prozentual

Stockwerkszahl	Abweichungen der Ebenen in %				
	≤-2	-1	0	1	≥2
1 bis 2	0.00	0.00	54.55	27.27	18.18
3 bis 4	0.00	5.26	47.37	22.81	24.56
≥ 5	0.00	18.60	2.33	4.65	74.42

Um nun die einzelnen Bildelemente, wie beispielsweise ein individuelles Haus, nicht mehr isoliert zu betrachten sondern im Zusammenhang zu den umgebenden Objekten, werden in urbanen Gebieten oft strukturelle Blöcke erstellt (vgl. WURM/TAUBENBÖCK 2010b: 97 f). Für die Erkennung von strukturellen Differenzen und Gemeinschaften in Räumen Bedarf es einem Vorgehen, welches perfekter Weise statistische Analysen und zur anschließenden Validierung in situ Aufnahmen beinhalten, welche die Homogenität eines Raumes aufnehmen können. Diese schließen in urbanen Gebieten zum einen sowohl Gebäudeparameter wie Größe, Höhe oder Distanz mit ein und zum anderen auch natürliche und anthropogenen Objekte wie Fluss- oder Straßenverläufe. Außerdem werden zum Beispiel unterschiedliche Bodentypen und Landbedeckungen ebenfalls mit eingeschlossen (vgl. HEROLD et al. 2002: 1447 f, COUCLELIS 1992: 68 ff, HEROLD et al 2003: 992 ff, WURM/TAUBENBÖCK 2010b: 97 f).

Auf Grund der Datenlage basiert die Erstellung der Blockstrukturen der Gecekondü-Viertel hauptsächlich auf dem digitalisierten Straßennetz, welches anhand von Worldview-2 Satellitenaufnahmen aufgenommen wurde. Demnach wird das Straßennetz hierfür verwendet, da Straßen in urbanen Gebieten räumliche, strukturelle Elemente darstellen. Zudem wurde nach Gebäudehöhen und visueller Homogenität unterschieden (vgl. TAUBENBÖCK et al. 2013: 388, WURM/TAUBENBÖCK 2010b: 97 f, TAUBENBÖCK/KRAFF 2013: 5). In folgender Abbildung 4 werden die strukturellen Grenzen der verschiedenen Blöcke in der Szene von dem Gecekondü Altiagac in Ankara dargestellt:

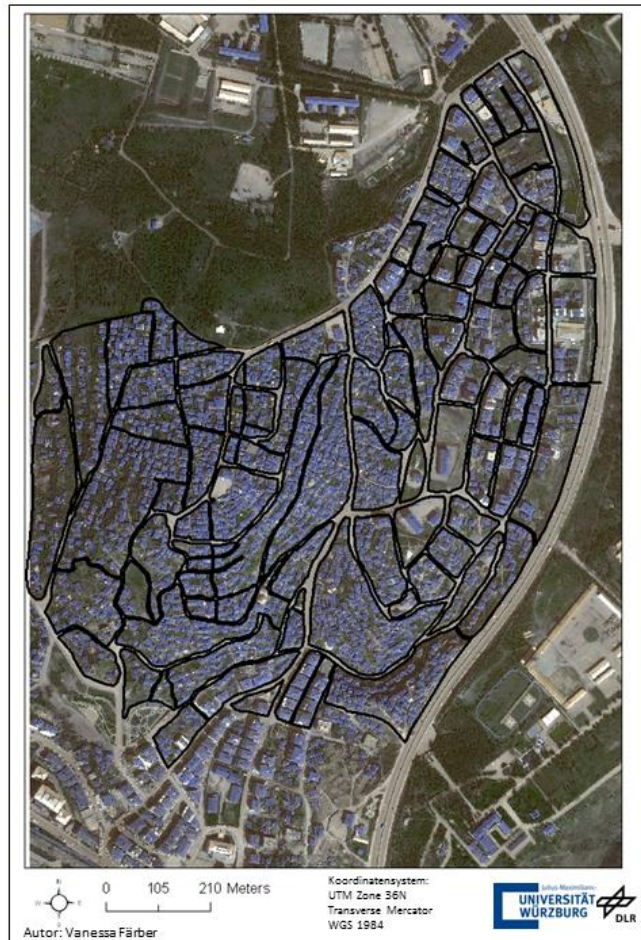


Abbildung 4: Strukturgrenzen in Gecekondular Altiyagac

4.2. Analyse des 3D-Stadtmodells

4.2.1. Gis basierte Aggregation von Gebäude Parameter auf Blockebene

Um einen statistischen und strukturellen Unterschied von Gecekondular und anderen Wohnviertel zu erstellen werden physische Parameter anhand von den Beispielen Izmir, Ankara, Istanbul visuell dargestellt. Diese basieren auf den erstellten Daten der Häuser, Blöcke,..., etc.

Die Darstellung wurde auf der Ebene des Blocklevels berechnet und anhand von GIS-basierten, räumlichen Verbindung der Daten kalkuliert. Die daraus entstanden Aggregationsparameter der Blöcke sind in folgender Graphik 5 zu sehen:

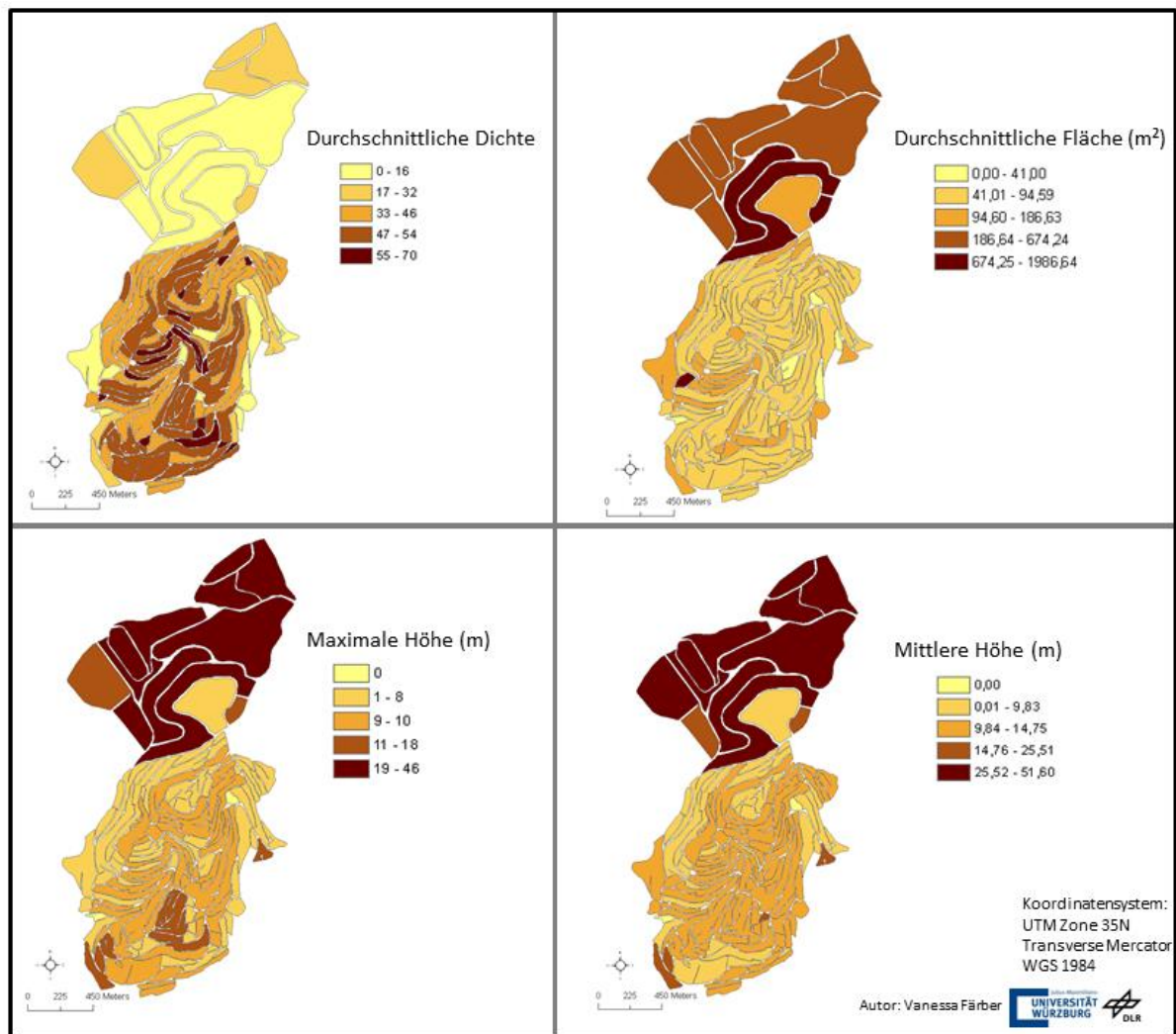


Abbildung 5: Gebäudeparameter in Gulsuyu, Istanbul

4.2.2. Statistische Abgrenzung der thematischen Klassen Gecekondü und Nicht-Gecekondü

Das Clustering basiert auf der Hypothese, dass Slums bzw. Gecekondular sich in ihren physischen und strukturellen Eigenschaften anhand von (FERNKUNDUNGS-)Parametern von anderen Stadtvierteln unterscheiden lassen. Diese Hypothese wurde in Kapitel 3.1 bei der physischen Charakterisierung von Gecekondular genauer erklärt.

Bei der Verwendung von Fernerkundungsdaten können die Daten nur anhand ihrer Informationen spezifiziert werden. Aus diesem Grund eignet sich zur Unterscheidung dieser Gruppen ein Clusterverfahren. Diese Methode des Clusterverfahrens besteht aus einem Algorithmus, der Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Informationen zusammenstellt und diese in die jeweils passende Klasse zuordnet (vgl. RICHARDS/JIA 2006: 249 ff). Das Verfahren wird in dieser Arbeit eingesetzt, um die räumlichen Eigenschaften durch

statistische Maße der physischen Parameter den beiden Clustern „Gecekondü“ und „Andere Stadtviertel“ zuzuordnen.

Bei dem Clustering fließen nun als Grunddaten die folgenden vorher berechneten Parameter ein:

- *durchschnittliche Gebäudehöhe auf Blockebene*
- *durchschnittliche Gebäudefläche auf Blockebene*
- *Gebäudedichte auf Blockebene*

Partitioning around medoids (PAM) ist ein Algorithmus zur Partitionierung des Datenbestandes. Hierbei wird bei einer hierarchischen Clustermethode die Daten auf Blockebene der Klasse „Gecekondü“ oder „Anderes Stadtviertel“ zugeordnet. Dieser Algorithmus wird hier gewählt, da er im Vergleich zu anderen Algorithmen auf der Summe der minimalen Differenzen in den strukturellen Daten innerhalb eines Clusters basiert (vgl. REYNOLDS et al. 2006: 476 ff). Um den allgemeinen Zusammenhang zwischen den zwei thematischen Klassen einbeziehen zu können, wird das Clustering über alle oben genannte Gebäudeparameter in allen Szenen durchgeführt.

Im ersten Schritt werden dafür die aggregierten Daten standardisiert, um die mögliche Abhängigkeit der Daten von der entsprechenden Maßeinheit zu vermeiden. Durch diesen Schritt kann sichergestellt werden, dass alle Variablen in derselben relativen Maßeinheit gemessen werden. Folgende Formel beruht auf BAHRENBURG et al. 1999:

$$z_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma}$$

In dieser Formel beschreibt z_i den neuen Wert eines gewissen Punktes i , x_i und μ ist der Sempel Mittelwert und σ ist die Standardabweichung des Sampels.

Anschließend wird eine Unterschiedlichkeitsmatrix generiert, die, die Distanzen zwischen allen Paaren der zu beobachtenden Punkte i und j mit den Koordinaten (z_{i1}, \dots, z_{ip}) und (z_{j1}, \dots, z_{jp}) in dem 6 dimensional Merkmalsraum kalkuliert. Dieser Vorgang basiert auf folgendem euklidischen Standard (vgl. KAUFMAN/ROUSSEEUW 1990: 102 ff):

$$d(i,j) = \sqrt{(z_{i1} - z_{j1})^2 + (z_{i2} - z_{j2})^2 + \dots + (z_{ip} - z_{jp})^2}$$

Wenn diese Schritte ausgeführt wurden, berechnet der PAM Algorithmus repräsentative Objekte jeder Klasse heraus. Diese sogenannten „medoids“ sollen die perfekten Konfigurationen von Objekten im Merkmalsraum für die dazugehörige Klasse sein. Hierbei sollen innerhalb der Gruppen die kleinstmöglichen Unterschiede einer Klasse aufgenommen werden (vgl. KAUFMAN/ROUSSEEUW 1990: 102 ff).

Durch diese Schritte wird letztendlich jedes Objekt auf seine Gemeinsamkeiten zu den beiden Clustern kontrolliert. Im Fall dieser Arbeit werden die Eigenschaften der einzelnen Blöcke betrachtet und den jeweiligen Clustern „Gecekondus“ oder „Anderes Stadtviertel“ zugeteilt. Dieses Clusterverfahren wurde in der statistischen Programmiersprache R berechnet (Anhang 1: R Code statistische Abgrenzung der thematischen Klassen).

4.2.3. Strukturelle Vergleiche

Die Bestimmung eines Bezirks als Gecekondus kann nicht durch ein einzelnes individuelles Haus bestimmt werden, sondern nur in der Gruppe in einem Block. Das heißt, die Berechnungen des strukturellen Vergleichs finden auf Blockebene statt. Dies zeigt sowohl die Unterschiede wie auch die Gemeinsamkeiten der verschiedenen Blockstrukturen (vgl. TAUBENBÖCK/KRAFF 2013: 10). In diesem Kapitel werden anhand der in Kapitel 3.1. erstellten Eigenschaften von Gecekondus-Vierteln Gebäudeparameter erstellt, die anhand von Fernerkundungsdaten messbar sind.

4.2.3.1. Ableitung physischer Strukturparameter

Eines der Gebäudeparameter ist die *Gebäudedichte*. Hierbei wird die Hypothese verfolgt, dass die Blöcke der Gecekondus-Strukturen eine höhere Gebäudedichte vorweisen als die anderen Siedlungsblöcke, da diese sehr dicht bebaut sind. Folgender Parameter wird, wie in der unten abgebildeten Formel beschrieben, durch das Verhältnis der allgemeinen Blockfläche und der Summe aller Gebäudeflächen in dem Referenzgebiet kalkuliert (vgl. TAUBENBÖCK/KRAFF 2013: 11).

Mit den weiteren Parametern *Gebäudehöhe* und *-fläche* soll die Eigenschaft der „Wohnqualität“ berechnet werden. Wohnqualität ist physisch nicht messbar, aus diesem Grund ergibt sich die Theorie, dass mit schlechter Wohnqualität wie überfüllten Häusern und

schlechter Wohnsubstanz, die Gebäude der Gecekondü-Viertel eine geringere Höhe und Fläche aufweisen sollten (vgl. TAUBENBÖCK/KRAFF 2013: 10 f).

Die Parameter werden nach folgenden Formeln auf Blockebenen berechnet (vgl. TAUBENBÖCK/KRAFF 2013: 11):

1. Gebäudedichte:

$$B_d = \frac{\sum_{n=1}^{n_{R_u}} BF_n}{A_{R_u}}$$

2. Durchschnittliche Gebäudefläche:

$$B_s = \frac{\sum_{n=1}^{n_{R_u}} BF_n}{n_{R_u}}$$

3. Durchschnittliche Gebäudehöhe:

$$BA_h = \frac{\sum_{n=1}^{n_{R_u}} B_{h_u}}{n_{R_u}}$$

Dabei entspricht A der Fläche, B_d bezeichnet die Gebäudedichte, B_s die durchschnittliche Gebäudefläche, B_h die Gebäudehöhe, BA_h die durchschnittliche Gebäudehöhe, BF den Gebäude Layer, R_u das Referenzgebiet und n die Gebäudeanzahl.

4.2.3.2. Ableitung des Vegetationsgrades

Aus dem Parameter der Gebäudedichte entwickelt sich auch der Parameter des *Vegetationsanteils*. Die speziellen Eigenschaften der Gecekondular, zum Beispiel überfüllte Gebäude, ungesunde Lebensbedingungen sowie gefährliche Siedlungsplätzen lassen sich nach dieser Hypothese mit Hilfe des Vegetationsanteils messen (vgl. UN-HABITAT 2003a: 11). In Gecekondular legen die Menschen zwar Wert auf Begrünung, jedoch muss dafür Fläche vorhanden sein. Daher kann man davon ausgehen, dass in den Bezirken der Gecekondü-Strukturen potenziell weniger Grünflächen zu finden sein werden. Mit Hilfe von folgendem objektbasierten Klassifikationsverfahren und dem Einfluss eines Vegetationsindex wird der Vegetationsparameter erstellt.

Objektbasierte Klassifikationsmethoden finden schon sehr lange in der Verarbeitung von Bildern und später dann auch bei den Satellitenbildern ihren Gebrauch. Sehr stark wird dies

vor allem seit der Entwicklung der hochaufgelösten Satellitendaten in verschiedenen Projekten wie beispielsweise in SHEKHAR 2012 oder KOHLI et al. 2012 genutzt. Bildsegmentationen und deren Algorithmen haben zum Ziel, bestimmte Objekte eines Bildes zu gruppieren und zusammenzufassen. Dies basiert auf deren spektraler Homogenität zueinander (vgl. WURM et al. 2011: 122, JENSEN 2005: 393 ff).

Grundsätzlich läuft der Prozess der objektbasierten Analyse hierarchisch ab. So wurde zuerst eine Maske erstellt, in welcher nach Blöcken segmentiert wurde. Des Weiteren wurde aus dieser Maske für mögliche Vegetationsflächen aus der Grundfläche sowohl die Objekte des Gebäude-, als auch des Straßenlayers extrahiert. Diese neue Maske, basierend auf den spektralen Daten der Worldview-2 Szene, ist der Input Parameter für die multi-resolution Segmentierung des Vegetationsanteils aus dieser Fläche (vgl. WURM et al. 2011: 126 f). Der Hintergrund von diesem Vorgehen ist, dass man durch die Verringerung der räumlichen Eingangsinformationen die Daten durch größere Varianzen der Klassen verbessern kann (vgl. GONG et al. 1992: 138 ff).

Zur Berechnung des Vegetationsgehalts wird anschließend ein Vegetationsindex verwendet. Seit den 60er Jahren haben Wissenschaftler schon die verschiedensten vegetations-biophysikalischen Parameter erfunden und modelliert. Die meisten von ihnen beinhalten einen Vegetationsindex. Der Sinn von solch einem Parameter besteht darin, einen Wert für eine dimensionslose, radiometrische Messung zu finden, der die relativen Unterschiede und Aktivitäten von grüner Vegetation einbezieht (vgl. JENSEN 2005: 310 f). Diese bestehen beispielsweise aus dem Blattflächenindex, der prozentualen Abdeckung von grüner Vegetation, der Berechnung des Chlorophyllanteils, grüner Biomasse und der absorbierten, photosynthesisch aktiven Strahlung. Insgesamt gibt es mittlerweile sehr viele Vegetationsindizes. Dieser Arbeit liegt der der „normalised difference vegetation index“ (NDVI) zugrunde (vgl. JENSEN 2005: 310 f).

Der NDVI basiert spektral auf dem sogenannten „red edge“, dem Verhältnis der Bänder des nahen Infrarots und des roten Bandes. Das nahe Infrarot befindet sich bei dem Worldview-2 Satelliten in dem Bereich von 770 bis 895 nm und das rote Band zwischen 630 und 690 nm (vgl. WURM et al. 2011: 130 f, SATELLITE IMAGING CORPORATION 2009). Der NDVI wird in fernerkundlichen Prozessen gerne verwendet, da er beispielsweise saisonale Schwankungen oder Unterschiede im Wachstum der Pflanze aufnehmen und viele Arten von Störsignalen vermindern kann. Als Nachteil des NDVI kann unter anderem erwähnt werden, dass der

Index nicht linear verläuft und ebenfalls durch zusätzliche Einflussfaktoren gestört werden kann (vgl. JENSEN 2005: 310 f). Bei der Klassifikation wurde als empirischer Wert der NDVI von 0.27 bestimmt, um ein gewisses Maß an vegetativer Produktion der Pflanzen vorauszusetzen (vgl. WURM et al. 2011: 130 f).

In diesem Zusammenhang wurden in einem objektbasierten Rahmen die Vegetationsflächen der Gecekondü-Szenen erstellt. Alle Schritte im objektbasierten Ansatz sind in die Erstellung von Bildsegmentation und anschließender Klassifikation gegliedert. Dies wurde im Rahmen der Arbeit mit dem Softwarepaket „eCognition“ erstellt.

In folgender Abbildung 6 sieht man ein Beispiel für das Ergebnis der klassifizierten Vegetation (grün umrandet) einer Szene im Gecekondü-Viertel Altiagac in Ankara. Die rot umrandeten Gebäude wurden mit deren Layer aus den Input Daten extrahiert:



Abbildung 6: Vegetationsanteil im Gecekondü Altiagac in Ankara

Um die Fehlerwahrscheinlichkeit der Bestimmung der Vegetationsfläche einschätzen zu können, wurde für jede Szene ein „Accuracy Assessment“ (Fehlermatrix) durchgeführt. So wurden in einem Zufallssampling 200 Punkte pro Szene verteilt, die visuell als Vegetation oder Nicht-Vegetation eingestuft wurden. Die räumliche Übereinstimmung der Klassen Vegetation und Nicht-Vegetation lag in Izmir bei einer generellen Genauigkeit (*Overall Accuracy*) von 88%, in Istanbul bei 93 % und in Ankara bei 95 %. Genauere Werte der

Accuracy Matrix kann man für jede Untersuchungsgebiet im Anhang 2 einsehen (vgl. WURM et al. 2011: 136, JENSEN 2005: 493 ff).

4.2.3.3. Ableitung der mittleren Gebäudedistanz

In Kapitel 3.4 der „hierarchischen Struktur von Städten“ wurde aufgezeigt, dass Berechnungen auf verschiedenen geometrischen Ebenen stattfinden können. So besteht die Möglichkeit zwischen der Distrikt-, Block- oder Gebäudeebene zu wählen.

Die bereits erwähnten Parameter können sowohl für das Distrikt- als auch für das Blocklevel berechnet werden. Neben diesen Parametern wird letztendlich noch ein weiterer berechnet: der Wert der *durchschnittlichen Gebäudedistanz*.

Dieser Parameter soll die Konzentration von Gebäuden messen. Dabei wird für jedes Gebäude durch den durchschnittlichen Wert jeweils zum ersten Nachbarn, zweiten Nachbarn, dritten Nachbarn,..., bis hin zum 10. Nachbarn kalkuliert. Bei der Berechnung des ersten Nachbarn wird zum Beispiel von jedem Gebäude die kürzeste Distanz zum Mittelpunkt des nächsten Objektes gesucht. Dies wird für alle Gebäude durchgeführt und pro Block ein Mittelwert berechnet.

Des Weiteren wird zu diesem Parameter noch die strukturelle Beschreibung von einem Referenzgebiet hinzugefügt. Das heißt die Eigenschaften zur Differenzierung von Gecekondular und formellen Siedlungen. Der Grund für das Referenzgebiet ist, dass die nächsten Nachbarn nur innerhalb von diesem Gebiet gesucht werden und somit beispielsweise die Blöcke in sich eine bessere Homogenität aufweisen können und die Häuser am Rand dies nicht unterbrechen indem sich die nächsten Nachbarn in einem anderen Block befinden (vgl. TAUBENBÖCK/KRAFF 2013: 11 f).

Die Formel nach dem durchschnittlichen nächsten Nachbarn lautet demnach:

$$AD_n = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

Dabei entspricht AD_n der durchschnittlichen Distanz zum nächsten Nachbarn, d der Distanz zu einem definierten Nachbarn und n der Quantität des definierten Nachbarn pro Referenzgebiet (vgl. TAUBENBÖCK/KRAFF 2013: 12).

5. Ergebnisse

5.1. Darstellung der 3D-Stadtmodelle

Auf der Grundlage der Woldview-2 Szene und der Gebäudeebene wird in diesem Kapitel das 3D-Stadtmodell dargestellt. Als Parameter fließen die drei Komponenten *Gebäudeumriss*, *Gebäudehöhe* und *Blockgrenzen* ein. Das Modell zeigt nun eine dreidimensionale Sicht auf das Testgebiet in Izmir. Unterschieden werden die Gebäude, wie die Legende zeigt, nach der Gebäudegröße. So kann man bereits visuell erkennen, dass in den dicht bebauten Blöcken wo sehr wahrscheinlich Gecekondru-Strukturen herrschen, die Gebäudeflächen eher gering sind. Die hohen Gebäudeflächen befinden sich dann entweder gezielter am Rand, wo mehr Platz zur Verfügung steht, oder an zentral gelegenen einzelnen Gebäuden bei denen visuell erkannt worden ist, dass es sich meist um Moscheen oder Schulen handelt. In dem Gecekondru-Viertel Gulsuyu in Istanbul zeichnen sich die Hochhausstrukturen im Norden des Gebietes sehr von den restlichen Strukturen ab. In Ankara gibt es wenige Hochhausblöcke und verteilte Gebäude auf relativ großer Fläche im Nordosten des Viertels, wobei die allgemeine Struktur neben diesen Ausnahmen in sich homogen wirkt.

Eine Fehlermatrix wurde für das 3-D Modell nicht erstellt, jedoch liegen die Höhenschätzungen und somit deren Validierung von Kapitel 4.1.2. unter anderem als Grunddaten vor. Außerdem wurden die Gebäudeflächen mit externen Bilddaten wie Google Earth visuell abgeglichen.

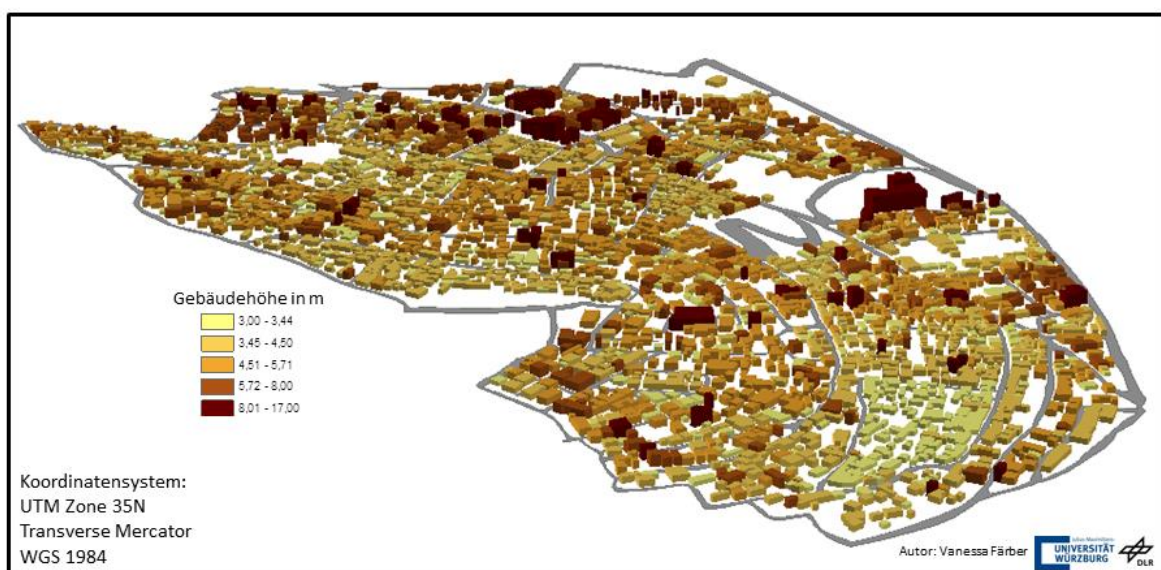


Abbildung 7: 3D-Stadtmodell des Gecekondus Kadifekale in Izmir

5.2. Abgrenzung von Gecekondular zu formellen Siedlungstypen

Das im letzten Kapitel dargestellte 3-D Stadtmodell und die Literatur erlauben die Hypothese, dass Gecekondular durch ihre strukturellen Eigenschaften von formellen Siedlungen unterschieden werden können.

Urbane Siedlungen können nach JENSEN 2007 sehr verschiedene Strukturen aufweisen. Die Strukturen der Gecekondular wurden bereits sehr genau erörtert. Die formellen Siedlungen greifen jedoch sehr viele verschiedene Strukturen in sich. Seien es beispielsweise Hochhausviertel, Industriegebiete oder Regionen von Kleinstadthäusern. Um Gecekondular noch besser von den formellen Siedlungen abzugrenzen, werden wegen der großen Vielfalt von formellen Siedlungstypen, diese für das Clustering in zwei verschiedene Arten differenziert. Zum einen gibt es in den Untersuchungsgebieten die „Hochhausstrukturen“, wie sie ganz besonders in dem Geckondu Bezirk von Istanbul im Norden vorkommen und „Andere urbane Strukturen (UST)“. Die anderen UST stellen physische Parameter dar, die sich Wertmäßig zwischen den Hochhausstrukturen und Gecekondular ansiedeln.

In dem folgenden 3-D Scatterplot wurde die Aggregation von den erstellten physischen Parametern dargestellt, was visuell die Differenzierung der Siedlungsstrukturen nach *Gebäudehöhe*, *Gebäudedichte* und *Gebäudefläche* schließen lässt. In das Clustering fließen alle 3 Untersuchungsgebiete der unterschiedlichen Städte mit ein. Die Parameter bilden die Mittelwerte von insgesamt 117 Blöcken in Istanbul, 103 Blöcken in Ankara und 72 Blöcken in Izmir.

Die Abbildung zeigt eindeutig, dass sich die verschiedenen Siedlungsstrukturen trennen lassen, jedoch auch, dass sie ineinander über gehen. So sieht man als rote Punkte die Gecekondu-Blöcke. Typisch dafür ist die hohe relative Gebäudedichte und die geringe Gebäudegröße sowie Gebäudehöhe, die sich in diesem Bereich des Scatterplots widerspiegeln. Die grünen Punkte stellen die „anderen urbanen Strukturen“ dar. Diese weisen in den Parameter *Gebäudehöhe* und *-fläche* etwa dieselben Werte auf wie die Gecekondu-Strukturen, unterscheiden sich jedoch in geringerer Gebäudedichte. Die dritte Klasse der „Hochhausstrukturen“ ist in der Abbildung blau markiert. Mit einer enormen Gebäudehöhe, geringen Gebäudedichte und relativ hoher Gebäudegröße grenzen sich dieses komplett von den anderen Strukturtypen ab.

Genauere Informationen über das Clustering werden im nächsten Kapitel erörtert.

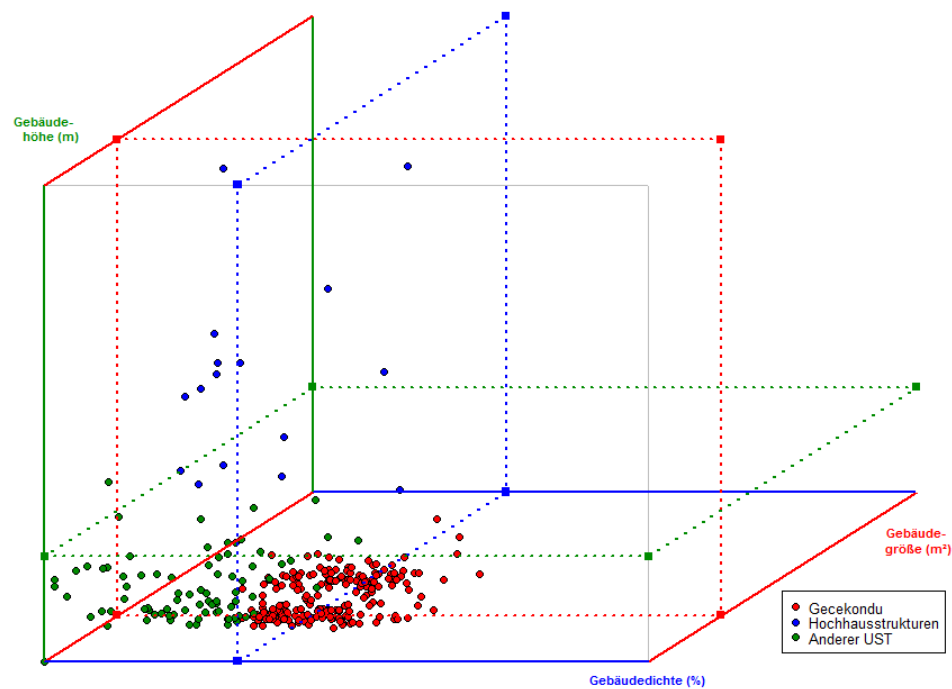


Abbildung 8: 3D-Scatterplot der Aggregation von physischen Parametern

5.3. Physische Strukturvergleiche der Testgebiete auf verschiedenen Ebenen

Die Unterscheidung von Gecekondu zu anderen türkischen Stadtvierteln basierend auf einer Clusteranalyse setzt voraus, dass es einen erkennbaren Unterschied der Eingangsparameter auf Klassenebene gibt. In dem 3-D Scatterplot der Abbildung 8 wurde dies in visueller Form bestätigt. In folgendem Kapitel werden die Ergebnisse noch genauer untersucht.

Zunächst wird in folgender Abbildung 9 ein erster Eindruck über die Differenzierung der thematischen Klassen aller Untersuchungsgebiete gegeben. So wurden in Ankara von insgesamt 103 Blöcken, 45 als Gecekondu bestimmt und 58 als formelle Siedlung. In Izmir wiesen von 72 Blöcken, 63 Gecekondu-Strukturen auf und 9 anderen UST. Von 117 Blöcken in Istanbul zeigten 85 Eigenschaften der Gecekondu und 32 von formellen Siedlungen.

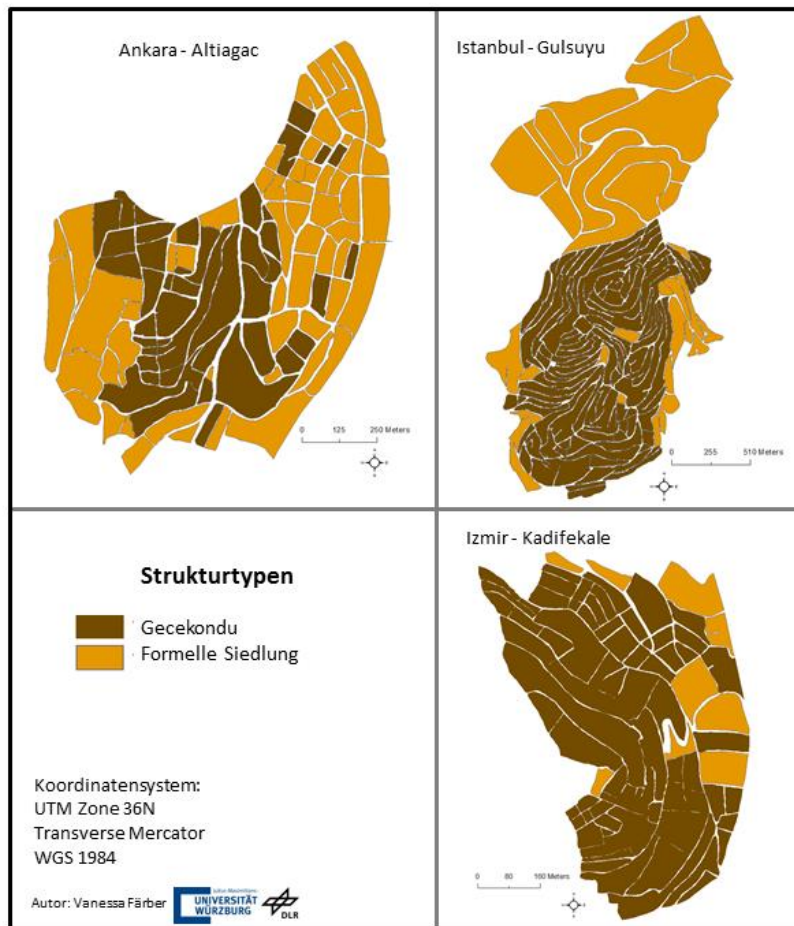


Abbildung 9: Strukturtypen der einzelnen Blöcke der Gecekondular

Zur Überprüfung der Hypothese, dass sich Gecekondular von anderen urbanen Strukturen unterscheiden lassen, wurden die Ergebnisse in den nächsten Graphiken nach diesen unterschiedlichen geometrischen Ebenen aufbereitet:

1. Die Analyse von strukturellen Unterschieden auf Ebene des Testgebiets (Distrikt Level).
2. Thematischer Strukturvergleich auf der Ebene urbaner Strukturtypen differenziert nach Testgebieten.

In folgenden Abbildungen werden die physischen Gebäudeparameter *Dichte*, *Fläche* und *Höhe* sowie der Vegetationsanteil der Untersuchungsgebiete auf unterschiedlichen Ebenen als Boxplots visualisiert. Diese zeigen, wie gut sich die verschiedenen Stadtstrukturtypen unterscheiden lassen und wie homogen oder heterogen sie sind. Mit Hilfe der Boxplots wird dies sowohl innerhalb der thematischen Klassen eines Untersuchungsgebietes dargestellt wie auch im Vergleich zu anderen Städten. Die Homogenität oder Heterogenität eines

Gebietes beschreibt auch, wie gut sich eine bestimmte Klasse von einer anderen im statistischen Maße abgrenzen lässt. Auch wird die Trennbarkeit der verschiedenen Klassen nach der im Kapitel 4.2.2. gegliederten Cluster „Gecekondu“ und „Andere UST“ dargestellt. Boxplots eignen sich sehr gut zur Visualisierung von statistischen Daten, da sie den Median, das untere (25%) und obere Quantil (75%) sowie die kleinsten und größten beobachteten Werte, die nicht als Ausreißer eingestuft wurden, wiedergeben (vgl. TOUTENBURG 2008: 83 f).

Im Allgemeinen zeigen die Abbildungen sowohl auf dem Distrikt - wie auch auf dem Block Level heterogene urbane Strukturen. Der Grund dafür liegt in den Untersuchungsgebieten. Die in der Literatur ausgewiesenen Gecekondu-Bezirke beinhalten sowohl typische Strukturen von informellen Siedlungen, wie auch Eigenschaften von formellen. Dies zeigte bereits schon zum einen die Abbildung 9 im Überblick der Untersuchungsgebiete ebenso wie die folgenden Graphiken. Die Homogenität der Gecekondu-Viertel bestätigt die allgemein hohe Varianz der Parameter auf dem Distrikt Level. In folgenden Absätzen wird nun speziell auf jeden Parameter eingegangen.

5.3.1. Vergleich der Gebäudehöhe

Dieser Parameter zeigt, wie die Abbildung 10a darstellt, die extremsten heterogenen Strukturen auf Distriktebene in den Bezirken Gulsuyu, Altiagac und Kadifekale. Vor allem Kadifekale in Istanbul weist im Allgemeinen höhere Werte in der Gebäudehöhe auf als die anderen Gecekondu-Bezirke. Dies liegt wohl unter anderem an dem Einfluss der Hochhausblöcke im Norden des Gebietes. Insgesamt sind die Varianzen der allgemeinen Gebäudehöhe relativ hoch und man kann daher vermuten, dass sich die verschiedenen Strukturtypen „Gecekondu“ und „andere Viertel bzw. andere UST“ gut trennen lassen.

Wenn man nun die Boxplots der zwei Strukturtypen betrachtet in Abbildung 10b betrachtet fällt auf, dass allein anhand der Gebäudehöhe eine relativ gute Abgrenzung möglich ist. Dieser Parameter zeigt eine extrem geringe Varianz in den Gecekondu-Blöcken auf, wodurch diese sich gut von den anderen Strukturen unterscheiden lassen. Dies trifft vor allem in Ankara und Istanbul zu, da die Varianz in den „anderen Vierteln“ (Abbildung 10c) sehr groß ist. In Izmir dagegen liegen die Gebäudehöhen in beiden thematischen Klassen eng beieinander, sind jedoch dennoch unterscheidbar.

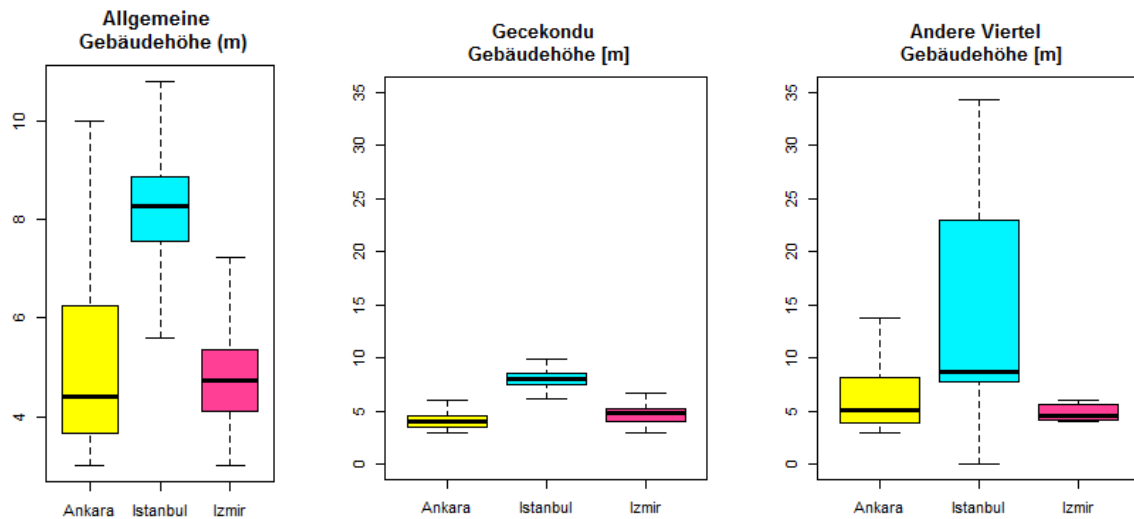


Abbildung 10: Vergleich der Gebäudehöhe (von links a, b und c)

5.3.2. Betrachtung der Gebäudefläche

Auch die Gebäudefläche zeigt auf der Disktrikt-Ebene heterogene Strukturen zwischen den Siedlungen (siehe Abbildung 11a). Ankara stellt dabei die stärkste Varianz im Vergleich zu den anderen Städten dar.

Wie bei dem vorherigen Parameter weisen die Gecekondu-Strukturen der Gebiete (Abbildung 11b) eine extrem geringe Varianz auf. Die anderen Strukturtypen in der Graphik 11c dagegen besitzen eine weitaus höhere Varianz, was für eine erhöhte Vielzahl verschiedener Gebäudeflächen steht. Somit sind auch anhand der Gebäudefläche die Gecekondu-Strukturen gut von den formellen Siedlungen zu trennen.

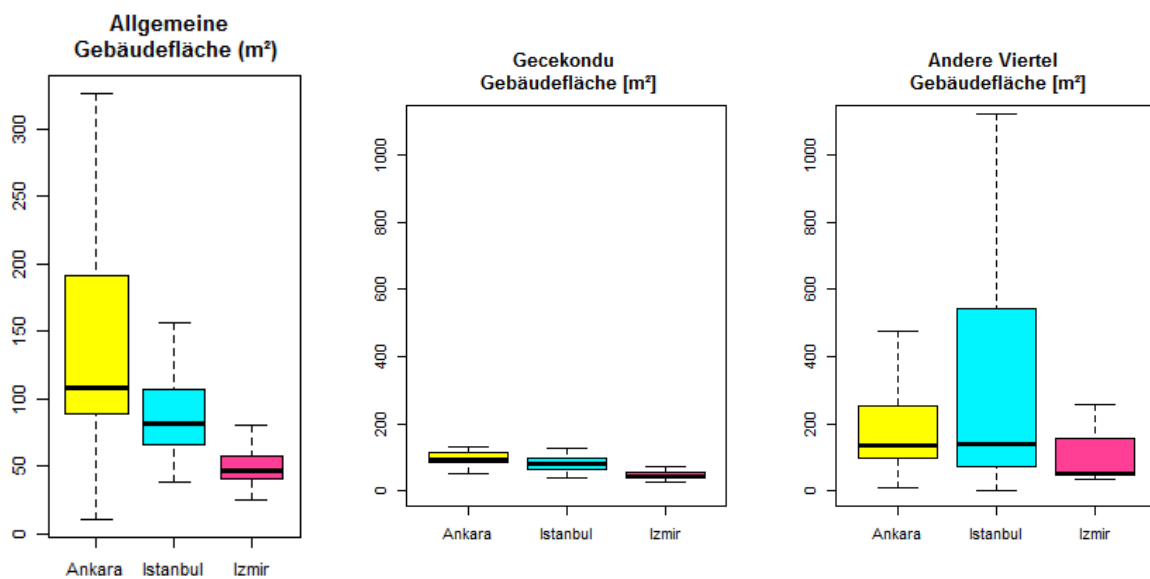


Abbildung 11: Betrachtung der Gebäudeflächen (von links a, b und c)

5.3.3. Darstellung der Gebäudedichte

Ebenfalls die Gebäudedichte weist starke heterogene Strukturen auf Distrikt Ebene zwischen den Siedlungen auf (siehe Abbildung 12a). Betrachtet man diesen Parameter in folgenden Boxplots auf Blockebene, lassen sich statistisch die Gecekondu-Blöcke von den formellen Siedlungen definitiv abgrenzen:

Die Varianzen der Gecekondu-Strukturen sind nach Abbildung 12b relativ gering. Die Varianzen der „anderen Viertel“ (Abbildung 12c) sind dies ebenso, jedoch bewegen sich die Werte der verschiedenen thematischen Klassen in unterschiedlichen Größen. So sind die Gebäudeflächen der Gecekondu-Strukturen über die Untersuchungsgebiete hinweg sehr homogen zwischen 38% und 50%. Die formellen Siedlungen weisen eine höhere Varianz zwischen den Testsites auf, sind daher heterogener, befinden jedoch zwischen 10% und 30%.

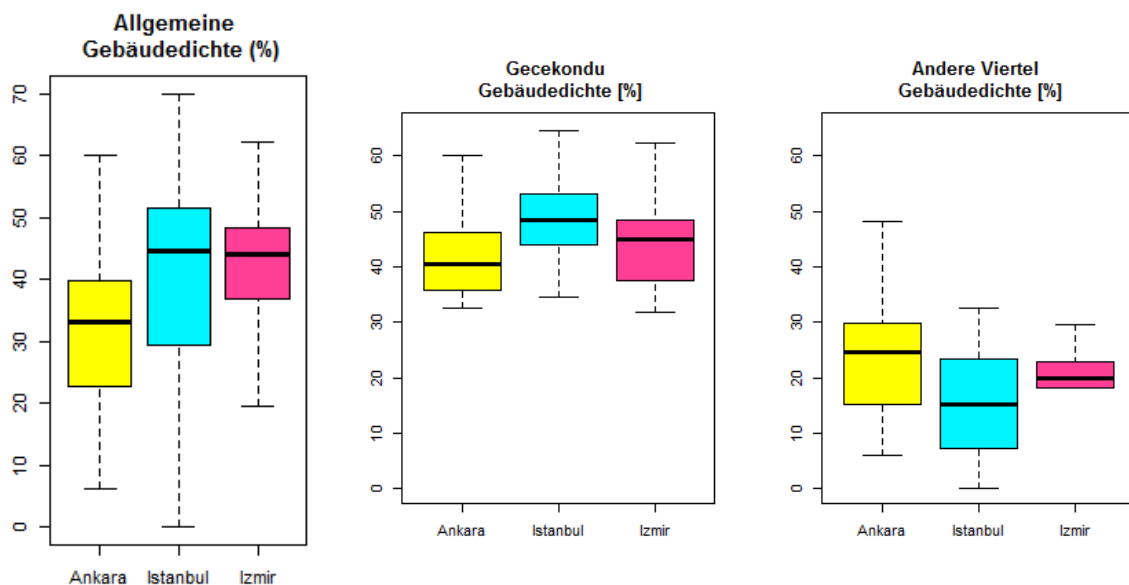


Abbildung 12: Darstellung der Gebäudedichte (von links a, b und c)

5.3.4. Anteile der Vegetation in den Untersuchungsgebieten

Der Vegetationsflächenanteil verhält sich im Vergleich zu den anderen Parametern auf Distrikt Ebene eher homogen (Abbildung 13a). Der Gecekondu in Ankara sowie der in Istanbul haben einen ähnlich hohen Anteil an Vegetation. Izmir dagegen weist komplett andere Werte auf und beinhaltet einen niedrigeren Vegetationsanteil.

Die thematischen Klassen lassen sich wieder gut voneinander trennen. Die Mediane der Strukturtypen weisen zum Beispiel größere Differenzen auf als bei dem Parameter der

Gebäudehöhe. Man kann auch sehen, dass gerade der Vegetationsanteil innerhalb der Gecekondü-Blöcke über alle Testgebiete sehr homogen und konsistent niedriger ist als in den formellen Siedlungen (Abbildung 13b und 13c).

Die Literatur enthält zwar keinerlei Hinweise auf eine Modernisierung des Gecekondus in Istanbul, jedoch sind die visuell gut zu erkennenden neuen Hochhäuser im Norden ein Indiz für eine Erneuerung des Gebiets. Deshalb liegt die Vermutung nahe, dass aus diesem Grund der Gecekondü-Bezirk in Istanbul sich in diesem Parameter mit dem modernisierten Bezirk von Ankara ähnelt.

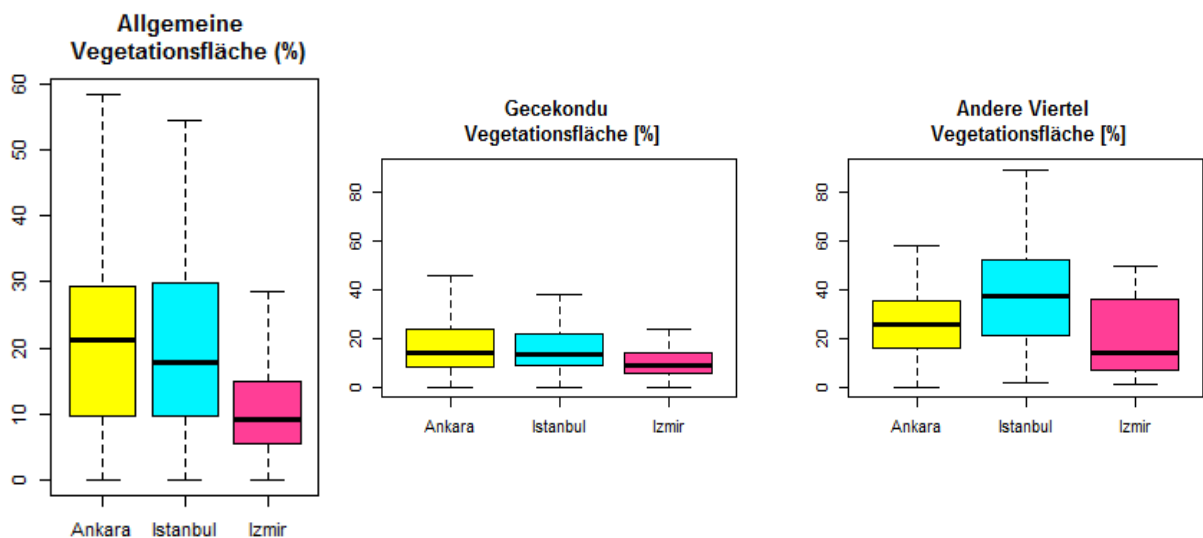


Abbildung 13: Anteile der Vegetationsfläche (von links a, b und c)

5.3.5. Erläuterung des mittleren nächsten Nachbarn

Die folgenden Abbildungen stellen abschließend die durchschnittliche Distanz zu dem n nächsten Nachbarn dar. Auch dieser Parameter wird zur Beobachtung der Homogenität, Heterogenität und zum übergreifenden Vergleich der Untersuchungsgebiete verwendet.

Allgemein wird hier der Trend gezeigt, dass mit Anstieg des nächsten Nachbarn es auch einen Anstieg in der durchschnittlichen Distanz zu diesem Gebäude gibt. Prinzipiell weist im Vergleich der Siedlungen Izmir den kürzesten Weg zum nächsten Gebäude auf, welches sich parallel mit der Gebäudedichte verhält. Anschließend kommt Ankara und in Istanbul befinden sich die größten Freiflächen zwischen den Gebäuden. Diese Freiflächen in Istanbul kommen aus den Neubausiedlungen im Norden des Gecekondü. Hier wurden Hochhäuser gebaut aber die Flächen zum Zeitpunkt der Satellitenbilder noch nicht bepflanzt, aus diesem Grund ist dies nicht am Vegetationsanteil zu sehen.

Die Parameter der mittleren Gebäudedistanz sind gerade in Ankara und Izmir bei dem ersten bis ca. fünften Nachbarn nicht sehr aussagekräftig (Abbildung 14a). Die Distanzen der thematischen Klassen „Gecekondur“ und „formelle Siedlung“ liegen noch ziemlich eng zusammen (Abbildung 14b und 14c). Erst ab dem 6. Nachbarn werden die Distanzen erkennbar und die formellen Siedlungen weisen höhere Werte auf als die Gecekondus und lassen sich, wie die Hypothese besagt, voneinander abgrenzen.

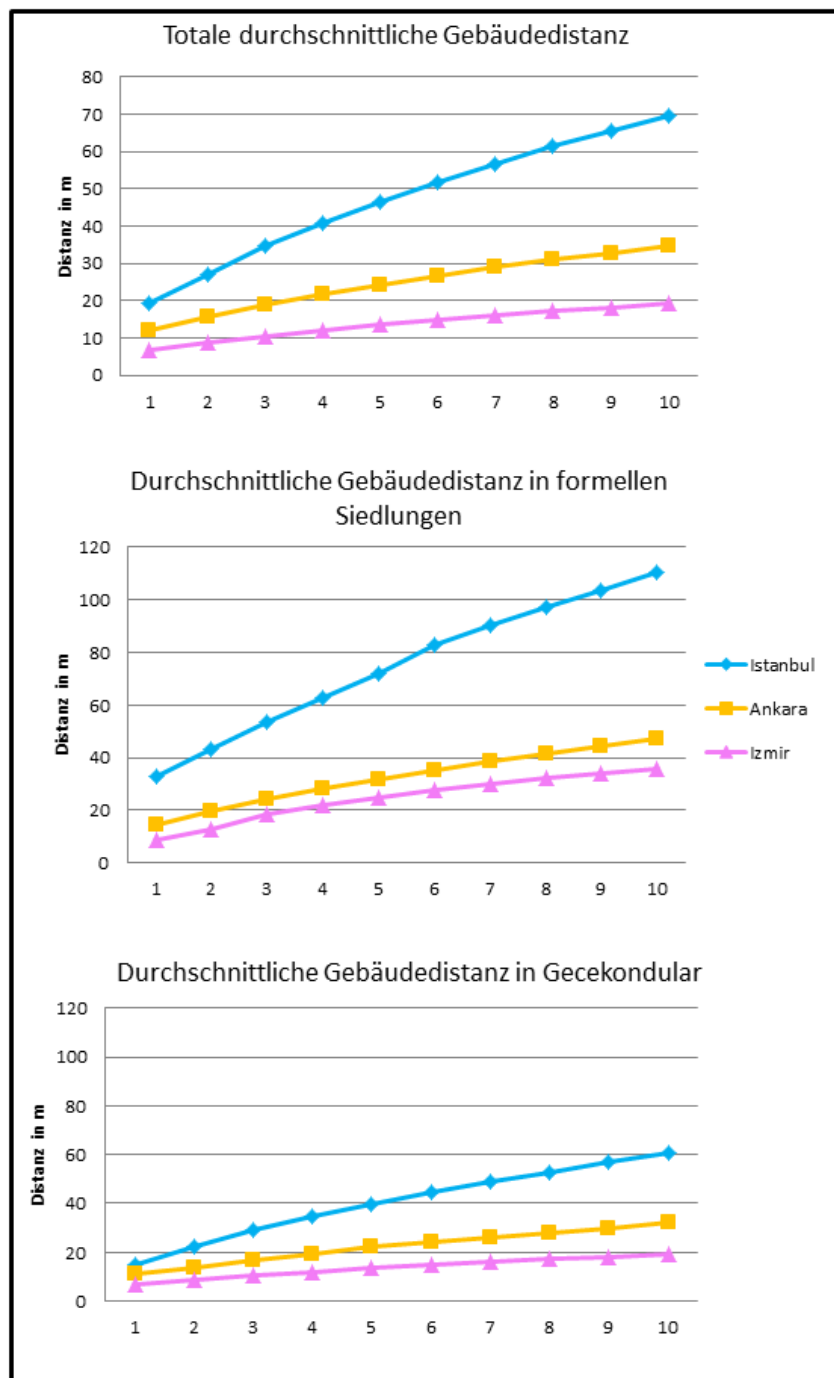


Abbildung 14: Durchschnittliche Gebäudedistanz (von oben nach unten a, b und c)

6. Wesentliche Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Forschungsfragen aus Kapitel 2.3. zusammengefasst beantwortet und bewertet.

Die erste Frage wurde gleich zu Beginn der Arbeit beantwortet. Anhand verschiedener wissenschaftlicher Literatur, können abgeleitet aus qualitativen Eigenschaften, physische Charaktereigenschaften bezüglich Gecekondular identifiziert werden, die diese von formellen Siedlungstypen abgrenzen sollen. Dabei wurden die Parameter *Gebäudedichte*, *-fläche* und *-höhe* erstellt. Zum Abgleich dieser Parameter sollte eine Klassifikation der verschiedenen Stadtstrukturen möglich sein.

Durch die Analyse des 3D-Stadtmodells auf verschiedenen Ebenen wurde anschließend ersichtlich, dass sich Gecekondular von anderen urbanen Strukturen statistisch unterscheiden lassen. Wenn man das Clustering der physischen Parameter betrachtet, stellt sich heraus, dass über alle Testgebiete gesehen die Gecekondular-Viertel sich ähnlicher sind als die umliegenden Strukturen. Dies bestätigt die Hypothese und die Hauptfrage dieser Arbeit, ob sich Gecekondular anhand der physischen Eigenschaften von den umliegenden urbanen Strukturen mit Hilfe von Satellitendaten abgrenzen lassen.

Die letzte Forschungsfrage dieser Arbeit lautete, ob Gecekondular im Allgemeinen in sich selbst und im Vergleich zueinander heterogene oder homogene physische Strukturen aufweisen. Wenn man nun die Untersuchungsgebiete jeder Stadt auf Distrikt Level allein betrachtet, zeigt Izmir im Verhältnis zu den anderen Städten in allen Parametern eine geringere Varianz und ist daher in sich homogener. Die anderen Städte dagegen zeigen durch ihre relativ großen Quantilanteile eine ausgeprägtere Heterogenität in ihren Strukturen.

Die thematischen Klassen an sich zeigen ganz entscheidend die Tendenz, dass insgesamt alle informellen Siedlungen eher heterogen und die Gecekondular-Viertel homogen sind. Auf Grund der Homogenität der Gecekondular-Strukturen und deren Bestimmung der physischen Parameter über alle Untersuchungsgebiete hinweg, lassen sich diese in der Türkei sehr gut von informellen Siedlungen abgrenzen.

In diesem Kontext werden abschließend noch die Methodik und Grundlagendaten der Arbeit diskutiert. Zunächst muss erwähnt werden, dass die Definitionen für Gecekondular oft nicht eindeutig sind. Sie ähneln sich sehr stark den typischen Slums wie sie beispielsweise in Indien und Brasilien vorkommen, unterscheiden sich jedoch auch sehr. Es ist möglich die Differenz zu den formellen Siedlungen zu ziehen, jedoch gibt es mit Sicherheit Mischsiedlungen die in keine thematische Klasse geordnet werden können.

Hinzu kommt das grundsätzliche Problem der Literaturrecherche bei dieser Thematik. Relativ wenig publizierte Informationen von speziellen türkischen Regionen sind zu finden. Sofern man nicht der türkischen Sprache mächtig ist und man nicht auf schwarze Quellen zurückgreifen möchte, halten sich die Informationsquellen sowohl für die Untersuchungsgebiete wie auch für die Gecekondular-Definitionen in Grenzen.

Des Weiteren ist das DSM Produkt von Cartosat-1 nicht wirklich perfekt für Analysen der Umgebung von individuellen Gebäuden geeignet. Physische Parameter werden auf Pixelebene angewendet, welche in dieser Arbeit mit einem bestimmten Grad an Informationsverlust verbunden sind. Im Allgemeinen gibt das DSM Produkt jedoch die wichtigen, relevanten Informationen für diese Studie und kann die Gebäude ins Verhältnis zu seiner Umgebung setzen.

Zuletzt muss erläutert werden, dass die Erfassung von Gebäuden und Blöcken auf rein subjektive Auffassung und Sorgfalt des Wissenschaftlers beruht und daher Vorsichtig betrachtet werden muss.

7. Ausblick

Die Definierung, Darstellung und Differenzierung von Gecekondular sind ein schwieriges Thema. Wenn man jedoch den weltweiten Trend der Urbanisierung und die daraus entstehenden Slums bzw. Gecekondular betrachtet ist dies dringend von Nöten. Gerade Stadtplaner und Regierungspersonen brauchen Informationen über den Sachverhalt dieser Stadtviertel um daraus zu lernen und verbessern zu können.

Diese Arbeit hat einen kleinen Überblick über die Möglichkeiten, Methoden und Probleme der Fernerkundung im Kontext mit informellen Siedlungen gegeben. Im Großen und Ganzen hat bei Fragestellungen von urbanen Räumen die Fernerkundung großes Potential. Gerade mit Hilfe der geometrisch hochaufgelösten Satellitenbilder und dem DSM Produkt von Cartosat-1 können physische Eigenschaften in kurzer Zeit von großen Teilen der Erdoberfläche aufgenommen werden.

Die Arbeit hat zudem klar gezeigt, dass ein hoher Bedarf an weiteren Forschungen in dieser Thematik besteht. Strukturelle Eigenschaften von Stadtvierteln darzustellen sind eine Sache, etwas über die dort lebende Gesellschaft und deren Lebensqualität zu erfahren eine andere. Die Strukturen sagen sehr viel über die qualitativen Gegebenheiten der Bevölkerung aus, jedoch darf man nicht vergessen, dass hier weitaus mehr Variablen miteinspielen. Genau diese übrigen Variablen würden helfen, die Stadtstrukturen, und vor allem die Verhältnisse der Bevölkerung in den informellen Siedlungen in der Zukunft vieler Städte zu verbessern.

8. Quellen

- AKKAYA C., ÖZBEK Y., SEN F. (1998): *Länderbericht Türkei*. Darmstadt.
- ALBERTZ J. (2009): *Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbilder*. Darmstadt.
- BAHRENBERG G., GIESE E., NIPPER J. (1999): *Statistische Methoden in der Geographie 1*. Stuttgart.
- BAL I.E., CROWLEY H., PINHO R. (2008): "Displacement-based earthquake loss assessment of Turkish masonry structures". In: *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*. Beijing.
- BAUD, I., KUFFER, M., PFEFFER, K., SLIUZAS, R. V. (2010): "Understanding heterogeneity in metropolitan India: The added value of remote sensing data for analyzing substandard residential areas". In: *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation: JAG* 12 (5), S. 359-374.
- BHATTA B. (2010): *Analysis of Urban Growth and Sprawl from Remote Sensing Data*. London.
- BRENNER C. (2010): *Dreidimensionale Gebäudekonstruktion aus digitalen Oberflächenmodellen und Grundrissen*. Thesis (PhD). Universität Stuttgart.
- CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY (2013): *WORLDFACTBOOK*. URL: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2212.html> (Abrufdatum: 28.12.2013).
- COUCLELIS H. (1992): "People manipulate objects (but cultivate fields): Beyond the raster-vector debate in GIS, Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space". In: Frank A.U., Campari I., Formentini U. (Hrsg.): *Lecture Notes in Computer Science*. Berlin, S. 65-77.
- D'ANGELO P., SCHWIND P., KRAUSS T., BARNER F., REINARTZ P. (2009): "Automated DSM based georeferencing of Cartosat-1 stereo scenes". In: *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* (39).

- D'ANGELO P., UTTENTHALER A., CARL S., BARNER F., REINARTZ P. (2010): "Automatic generation high quality DSM based on IRS-P5 Cartosat-1 stereo data". In: *ESA Living Planet Symposium*, Bergen.
- DUBOVYK O., SLIUZAS R., FLACKE J. (2011): "Spatio-temporal modeling of informal settlement development in Sancaktepe district, Istanbul, Turkey". In: *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* (66), S. 235-246.
- ELNASHAI A.S. (2000): "Analysis of the damage potential of the Kocaeli (Turkey) earthquake of 17 August 1999". In: *Engineering Structures* (22), S. 746-754.
- ERDIK M., DURUKAL E. (2007): "Earthquake risk and its mitigation in Istanbul". In: *Natural Hazards* (44), S. 181-197.
- ERMAN T. (1997): "Squatter (gecekondu) Housing versus Apartment Housing: Turkish Rural-to-Urban Migrant Residents' Perspectives". In: *HABITAT INTERNATIONAL* 28 (1), S. 91-106.
- GONG P., MARCEAU D.J., HOWARTH P.J. (1992): "A comparison of spatial feature extraction algorithms for land-use classification with SPOT HRV data". In: *Remote Sensing of Environment* 40 (2), S. 137-151.
- HABITAT (1999): *Informal Settlement Upgrading: The Demand for Capacity Building in Six Pilot Cities - Amman, Ankara, Caracas, Concepción, Ibadan and Nkayi*. Nairobi.
- HEROLD M., LIU C., CLARKE K. (2003): "Spatial metrics and image texture for mapping urban land use". In: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* (69), S. 991-1001.
- HEROLD M., SCEPAN J., CLARKE K. C. (2002): "The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses". In: *Environment and Planning* (34), S. 1443-1458.
- HÖHFELD V. (1995): *Türkei. Schwellenland der Gegensätze*. Paderborn.
- JENSEN J. R. (2005): *Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective*. Upper Saddle River.

- JENSEN J. R. (2007): *Remote Sensing of the Environment. An Earth Resource Perspective*. Upper Saddle River.
- KALYANI P., GOVINDARAJULU P. (2013): "A multi-scale Urban Analysis Using Remote Sensing and GIS". In: *Geoinformatica: An International Journal (GIJ)* (3), S. 1-11.
- KAUFMAN L., ROUSSEEUW (1990): *Finding groups in data. An Introduction to cluster analysis*. Hoboken.
- KOHLI D., KERLE N., SLIUZAS R. (2012): "Local ontologies for object-based slum identification and classification". In: *Proceedings of GEOBIA*. Rio de Janeiro.
- KORKMAZ T., ÜNLÜ-YÜCESOY E., ADANALI Y., ALTAY C., MISSELWITZ P. (2009): "Case study D- Gülsuyu/Gülensu". In: *Diwan Istanbul – Living in Voluntary and Involuntary Exclusion*.
- LESER H. (2005): *Wörterbuch Allgemeine Geographie*. München.
- MOSER B., WEITHMANN M. (2008): *Landeskunde Türkei. Geschichte, Gesellschaft und Kultur*. Hamburg.
- MUTLU E. (2009): *Criteria for a „good“ urban renewal project: the case of kadifekale urban renewal project (Izmir, Turkey)*. Thesis (Master of Science). Izmir Institute of Technology.
- POTERE D., SCHNEIDER A. (2009): "Comparison of global urban maps". In: Gamba P., Herold M. (Hrsg.): *Global mapping of human settlements: Experiences, data sets, and prospects*. Boca Raton, S. 269-308.
- REYNOLDS A.P., RICHARDS G., DE LA IGLESIA B., RAYWARD-SMITH V.J. (2006): "Clustering rules: a comparison of portioning and hierarchical clustering algorithms". In: *Journal of mathematical modeling and algorithms* (42), 475-504.
- RICHARDS J. A., JIA X. (2006): *Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction*. Berlin.

- ROTTENSTEINER F., TRINDER J., CLODE S., KUBIK K. (2007): "Building detection by fusion of airborne laser scanner data and multi-spectral images: Performance evaluation and sensitivity analysis". In: *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 62 (2), S. 135-149.
- SANCIO R. B., BRAY J. D., DURGUNOGLU T., ONALP A. (2004): "Performance of buildings over liquefiable ground in Adapazari, Turkey". In: *The 13th World Conference on Earthquake Engineering*. Vancouver.
- SATELLITE IMAGING CORPORATION (Hrsg.) (2008): *Cartosat-1 Satellite Sensor*. URL: <http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/cartosat-1.html> (Abrufdatum: 06.01.2014).
- SATELLITE IMAGING CORPORATION (Hrsg.) (2009): *Worldview-2 Satellite Sensor*. URL: <http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/worldview-2.html> (Abrufdatum: 06.01.2014).
- SCHIEWE J. (2002): "Segmentation of high-resolution remotely sensed data – concepts, applications and problems". In: *Symposium on geospatial theory, processing and applications*. Ottawa.
- SEGER M. (2010): „Stadtentwicklung und Segregation im Großraum Istanbul“. In: *Geographische Rundschau* 62 (1), S. 12-18.
- SEGER M., PALENCAR F. (2006): *Istanbul. Metropole zwischen den Kontinenten*. Stuttgart/Berlin.
- SHEKHAR S. (2012): "Detecting slums from quick bird data in Pune using an object oriented approach". In: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* (B8), S. 519-524.
- SLIUZAS R., MBOUP G, DE SHERBININ A. (2008): *Report of expert group meeting on slum identification*. Enschede.
- TAUBENBÖCK H., ESCH T., FELBIER A., WIESNER M., ROTH A., DECH S. (2012): "Monitoring urbanisation in mega cities from space". In: *Remote Sensing of Environment* (117), S. 162-176.

- TAUBENBÖCK H., KLOTZ M., WURM M., SCHMIEDER J., WAGNER B., WOOSTER M., ESCH T., DECH S. (2013): "Delineation of Central Business Districts in mega city regions using remotely sensed data". In: *Remote Sensing of Environment* (136), S. 386-401.
- TAUBENBÖCK H., KRAFF N. J. (2013): "The physical face of slums: a structural comparison of slums in Mumbai, India, based on remotely sensed data". In: *Journal of Housing and the Built Environment*. Online Ausgabe.
- TAUBENBÖCK H., WEGMANN M., ULLMANN T., ROTH A., DECH, S. (2010): "The global trend of urbanization - Spatiotemporal analysis of mega cities using multi-temporal remote sensing, landscape metrics and gradient analysis". In: *SPIE Proceedings* (7831), S. 1–20.
- THOMAS R.W., HUGGET R.J. (1980): *Modelling in Geography: a mathematical approach*. Totowa.
- TOUTENBURG H. (2008): *Deskriptive Statistik. Eine Einführung in Methoden und Anwendungen mit R und SPSS*. Leipzig.
- UN-HABITAT (2003a): *The challenge of slums* (= Global report on human settlements, 2003). Nairobi.
- UN-HABITAT (2003b): *Slums of the World: The face of urban poverty in the new millennium?* Nairobi.
- WURM H., TAUBENBÖCK H. (2010a): „Das 3-D-Stadtmodell als planungsrelevante Grundlageninformation“. In: Taubenböck H., Dech S. (Hrsg.): *Fernerkundung im urbanen Raum. Erdbeobachtung auf dem Weg zur Planungspraxis*. Darmstadt. S. 66-75.
- WURM H., TAUBENBÖCK H. (2010b): „Fernerkundung als Grundlage zur Identifikation von Stadtstrukturtypen“. In: Taubenböck H., Dech S. (Hrsg.): *Fernerkundung im urbanen Raum. Erdbeobachtung auf dem Weg zur Planungspraxis*. Darmstadt. S. 94-103.
- WURM M., TAUBENBÖCK H., SCHARDT M., ESCH T., DECH S. (2011): "Object-based image information fusion using multisensor earth observation data over urban areas". In: *International Journal of Image and Data Fusion* 2 (2), S. 121-147.

Anhang

Anhang 1 – R Code statistische Abgrenzung der thematischen Klassen

```
install.packages("foreign")
install.packages("Cairo")
install.packages("vegan")
install.packages("cluster")
install.packages("tree")
install.packages("QuantPsyc")
install.packages("lattice")
install.packages("scatterplot3d")

library(foreign)
library(Cairo)
library(vegan)
library(cluster)
library(tree)
library(QuantPsyc)
library(lattice)
library(scatterplot3d)

#Arbeitspfad setzen
setwd ("C:\\Bachelorarbeit\\Parameter\\")

#Eingabedatei lesen
data <- read.table("Cluster.csv", header=TRUE, sep=";")

#Z-Transformation der Variablen
data <- data[,c(1:ncol(data))]
data.z <- as.data.frame(Make.Z(data[,c(2:4)]))

#### Clusteranalyse ####
# Dissimilarity Matrix
data.diss <- daisy(data.z, metric="euclidean", stand=T)

# Clustering (PAM)
data.pam <- pam(data.diss, 3, diss=T, metric="euclidean", stand=F)

# Verknüpfen von Clusterergebniss mit Originaldaten
data$dispam <- data.pam$clustering

# Visualisierung als Boxplots
boxplot(data$Mean_H~data$dispam)
boxplot(data$Mean_A~data$dispam)
boxplot(data$Built_D~data$dispam)

#Exportieren
write.table(data, file="Cluster\\clustering.csv", sep=";")
```

Anhang 2 – Fehlermatrix Vegetationsindex

Izmir	<i>Vegetation</i>	<i>Non-Vegetation</i>	<i>Row Total</i>
<i>Vegetation</i>	76	24	100
<i>Non-Vegetation</i>	0	100	100
<i>Column Total</i>	76	124	200
<i>Overall Accuracy</i>		88.00	<i>Kappa-Index</i> 0.76
<i>Producer Accuracy</i>		<i>Omission</i>	
<i>Vegetation</i>	100.00	<i>Vegetation</i>	0.00
<i>Non-Vegetation</i>	80.65	<i>Non-Vegetation</i>	19.35
<i>User Accuracy</i>		<i>Commission</i>	
<i>Vegetation</i>	76.00	<i>Vegetation</i>	24.00
<i>Non-Vegetation</i>	100.00	<i>Non-Vegetation</i>	0.00

Istanbul	<i>Vegetation</i>	<i>Non-Vegetation</i>	<i>Row Total</i>
<i>Vegetation</i>	94	6	100
<i>Non-Vegetation</i>	8	92	100
<i>Column Total</i>	102	98	200
<i>Overall Accuracy</i>		93.00	<i>Kappa-Index</i> 0.86
<i>Producer Accuracy</i>		<i>Omission</i>	
<i>Vegetation</i>	92.16	<i>Vegetation</i>	7.84
<i>Non-Vegetation</i>	93.88	<i>Non-Vegetation</i>	6.12
<i>User Accuracy</i>		<i>Commission</i>	
<i>Vegetation</i>	94.00	<i>Vegetation</i>	6.00
<i>Non-Vegetation</i>	92.00	<i>Non-Vegetation</i>	8.00

Ankara	<i>Vegetation</i>	<i>Non-Vegetation</i>	<i>Row Total</i>
<i>Vegetation</i>	95	5	100
<i>Non-Vegetation</i>	5	95	100
<i>Column Total</i>	100	100	200
<i>Overall Accuracy</i>		95.00	<i>Kappa-Index</i> 0.90
<i>Producer Accuracy</i>		<i>Omission</i>	
<i>Vegetation</i>	95.00	<i>Vegetation</i>	5.00
<i>Non-Vegetation</i>	95.00	<i>Non-Vegetation</i>	5.00
<i>User Accuracy</i>		<i>Commission</i>	
<i>Vegetation</i>	95.00	<i>Vegetation</i>	5.00
<i>Non-Vegetation</i>	95.00	<i>Non-Vegetation</i>	5.00